

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

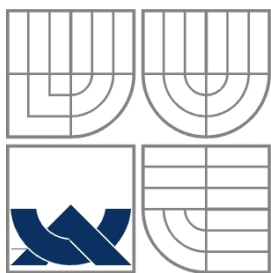
ASISTENT PILOTA BALÓNU

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

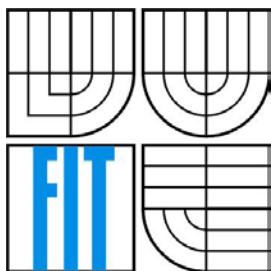
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ HORA

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

ASISTENT PILOTA BALÓNU

BALLOON PILOT'S ASSISTANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Tomáš Hora

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Adam Herout, Ph.D.

BRNO

20012

Abstrakt

Tato práce popisuje návrh a implementaci aplikace asistující pilotům balónů při navádění na cíl. Teoretická část popisuje základní teorii balónového létání a navigace. Aplikace využívá souborových formátů programu OziExplorer, přehledně zobrazuje veškeré informace z externího GPS přijímače připojeného přes COM port, ukládá prošlou trasu a zadané uživatelské body. Důležitou částí je získání předpovědi proudění větru v různých výškových hladinách před letem z internetu a analýza dat z GPS pro výpočet aktuálního výškového výstupu během letu. V závěru práce je aplikace otestována v reálném prostředí a je zhodnocena její funkčnost.

Abstract

This thesis describes concept and implementation of application assisting balloon pilots with guiding to a chosen target. Theoretical part is focused on basics of ballooning and navigation. Designed application uses proprietary OziExplorer files, clearly displays all information from external GPS unit connected via COM port and saves travelled path and waypoints. Important feature of the application is getting forecast of wind flow in various altitudes from the internet before the flight and analysis of information from GPS for calculation actual air flow during flight. In the end of this thesis the application is tested in real environment and its functionality is evaluated.

Klíčová slova

Qt, GUI, asistent, pilot, balón, GPS, navigace, předpověď

Keywords

Qt, GUI, assistant, pilot, balloon, GPS, navigation, forecast

Citace

Hora Tomáš: Asistent pilota balónu, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2012

Asistent pilota balónu

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Ing. Adama Herouta, Ph.D. Další informace mi poskytla komunita brněnských pilotů horkovzdušných balónů.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Tomáš Hora

14. května 2012

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především svému vedoucímu Doc. Ing. Adamovi Heroutovi, Ph.D. za veškeré nápady a tipy při vývoji aplikace a při psaní tohoto textu. Děkuji také všem pilotům, kteří se účastnili průzkumu a také všem pilotům, kteří přispěli svými návrhy k výsledné podobě práce.

© Tomáš Hora, 2012

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Balónové létání	3
2.1	Historie	3
2.2	Typy balónů.....	3
2.3	Ovladatelnost a manévrování.....	4
2.4	Sportovní létání.....	5
2.5	Meteorologie.....	6
3	Ostatní teorie.....	9
3.1	Navigace a souřadnicové systémy	9
3.2	Mapové aplikace.....	15
3.3	Formát ukládaných dat	16
3.4	Dotykové uživatelské rozhraní	20
4	Návrh aplikace	23
4.1	Požadavky na aplikaci	23
4.2	Návrh grafického uživatelského rozhraní.....	25
4.3	Použitý framework.....	30
5	Implementace.....	31
5.1	Představení použitých widgetů	31
5.2	Práce se soubory	32
5.3	Komunikace s GPS zařízením	33
5.4	Další funkce aplikace.....	34
6	Vyhodnocení	36
6.1	Testování	36
6.2	Dotazník.....	37
6.3	Další vývoj.....	38
6.4	Srovnání s konkurencí	39
7	Závěr	41

1 Úvod

Navigačnímu zařízení za použití GPS přístroje se v posledních několika letech dostalo velké obliby a ne jinak je tomu v oblasti letectví, konkrétně v balónovém létání. Doby, kdy se k navigaci a určení směru a rychlosti letu balónu používaly jednoduché mechanické metody, jsou již dávno za námi. Tato doba patří elektronice a to ve všech odvětvích. Cílem této práce tedy bylo navrhnout a vytvořit aplikaci asistující pilotovi balónu při navigaci na vybraný cíl. O přesné navigaci, jak jsme zvyklí z automobilové navigace, se ale v této oblasti dá uvažovat pouze teoreticky. Balón totiž letí zároveň s větrem a aktivně jej ovládat je možné pouze vertikálně proto pilot využívá změny směru větru s měnící se výškou a směřuje balón na některé z plánovaných míst přistání či zvolené cíle. Kde a jak softwarová aplikace pilotům může pomoci? Nejen to, ale návrh, jak takovouto aplikaci vytvořit, je popsáno v následujícím textu.

Ve druhé kapitole tohoto textu najdete základ teorie balónového létání, která je potřebná pro pochopení užitečnosti práce. Mimo jiné se zde dozvíte, z čeho se balón skládá, jak se dá ovládat a za jakých meteorologických podmínek je lety horkovzdušnými balóny možné provozovat. V následující kapitole je popsána veškerá teorie, která byla využita při návrhu a implementaci výsledné aplikace. Najdete zde základní teorii matematicko-geografických výpočtů, popis formátů ukládaných dat, ale i teorii použitou při návrhu grafického uživatelského rozhraní. V kapitolách věnujících se návrhu a implementaci aplikace jsou uvedeny veškeré cíle, které měla za úkol aplikace splnit a jak bylo těchto cílů dosaženo. V předposlední kapitole je výsledná aplikace otestována a srovnána s existujícími podobnými řešeními.

Nejdříve ale pár poznámek z praxe na úvod. Let balónem není jako vyhlídkový let vrtulníkem a málokdy se tedy stane, že by balón přistál na stejném místě, ze kterého odstartoval. A proto se po přečtení tohoto textu otázkám stylu: „A kdy tady zase přistanete, abych věděla, kdy manžela vyzvednout?“ zasmějeme. A ano, i když se to zdá divné, balón je letadlo.

2 Balónové létání

Tato kapitola slouží jako úvod do problematiky balónového létání. Bude zde vysvětleno, jak balóny fungují, jak se dá balón ovládat a jak může pilot ovlivnit směr letu. Dále se budu okrajově zabývat teorií sportovního létání a vysvětlím některé zajímavé disciplíny.

2.1 Historie

Celý příběh začíná ve městě Annonay ve Francii, kde žili dva bohatí bratři Montgolfierové. Všimli si spodničky paní Montgolfierové, která se jí u krbu nadzvedla, a došli k názoru, že když teplý vzduch zvedne spodničku, musí zvednout i jinou látku. Papíru měli dost, jelikož vlastnili papírnu, a tak se dali do slepování malých balónků, které pouštěli přes Annonay. Jejich počínu si začali všimati vědci a samotný francouzský král Ludvík XVI. si je pozval do Paříže, aby mu experiment předvedli. Dne 4. července roku 1783 se uskutečnil první let s pasažéry, kterými byli ovce, kachna a kohout. Úspěšný let poté vedl k prvnímu letu s lidskou posádkou a to dne 21. listopadu téhož roku. Piloty se stali markýz d'Arlandes a J. F. Pilatre de Rozier. Let trval necelou půlhodinu a dosáhli výšky okolo jednoho kilometru.

2.2 Typy balónů

Ballooning je létání letadly lehčími než vzduch. Aerostat (letadlo lehčí vzduchu) využívá ke vztlaku - nesoucí síle - média, které je lehčí než vzduch. V dnešní době rozlišujeme tři typy balónů – horkovzdušný, plynový a tzv. Roziérův balón.

Plynové balóny používají jako nosné médium plyn s nižší molární hmotností než okolní vzduch v atmosféře. Nejčastěji je to vodík nebo hélium, ale dříve se používaly i jiné prvky, jako například amoniak nebo metan. Jaké médium bude použito, záleží na rozhodnutí pilota, či konstrukci balónu. Velkou výhodou při použití vodíku je jeho poměrně nízká cena, která je ovšem protiváhou jeho vysoké vznětlivosti, kterou dražší helium netrpí. Plynový balón je tedy po startu naplněn daným množstvím plynu a v koši balónu je navíc i dodatečné závaží, nejčastěji písek. Upouštěním plynu či vysypáváním písku pilot ovládá horizontální rychlost aerostatu. Velkou výhodou plynových balónů je jejich možnost dlouhého letu a to i několik dní.

Na rozdíl od plynových balónů, horkovzdušné balóny, které jako nosné médium používají vzduch ohřátý hořákem spalujícím propan, či klasické LPG, mají maximální dobu letu závislou na množství plynu v koši, tedy pouze na několik málo hodin, nejčastěji však přibližně dvě.

Obal Roziérova balónu je kombinací těchto dvou konstrukcí. Roziérův balón obsahuje dvě komory, jedna je naplněna plynem, podobně jako klasický plynový balón, a druhá je naplněna vzduchem. Na rozdíl od plynových balónů je však využito teorie rozpínavosti plynů při vyšších teplotách a hlavně nosné médium, plyn, je ohříváno od vzduchu ohřívaného hořákem. Výhodou je nutnost pouze malé změny teploty plynu pro dosažení značné změny vertikální rychlosti, a tak je tento druh používán pro extrémně dlouhé lety – například let kolem světa.

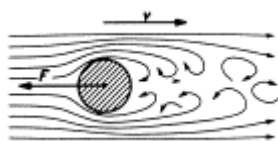
Dále v této práci bude pod pojmem balón myšlen právě balón horkovzdušný.

2.3 Ovladatelnost a manévrování

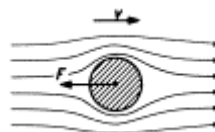
Idea létání v balónu vychází ze známého Archimedova zákona. Ten platí nejen pro kapaliny, ale také pro plyny. Hustota plynu závisí také na jeho teplotě, takže čím větší je teplota vzduchu, tím menší je jeho hustota. Teplota uvnitř obalu může být až 120°C (velice záleží na materiálu použitém pro výrobu obalu), což je výrazný rozdíl i oproti teplotě vzduchu v letních dnech. Pilot tedy může pomocí hořáků zvyšovat teplotu vzduchu a tím způsobit vyšší vztlakovou sílu v nosné části obalu a tím i stoupání celého tělesa. Naopak pro ochlazení vzduchu může použít buďto speciální ventil v horní části obalu, zvaný parašut, kterým teplý vzduch upustí, nebo počkat, až se vzduch samovolně ochladí. Všechny tyto procesy trvají poměrně dlouhou dobu a ještě delší dobu trvá reakce balónu, jelikož celé těleso (i s košem, osobami na palubě a vybavením) má poměrně velkou setrvačnost.

Ovládání balónu ve vertikální ose je tedy jasné. Ale jak jej ovládat v ose horizontální? Možností je hned několik. Pilot má k dispozici většinou nejaktuálnější předpověď počasí, ale ani ta není natolik přesná, aby se před startem dalo určit, kde se přesně přistane. Směr a síla větru se totiž v různých výškách může dosti lišit (ale nemusí také téměř vůbec). Proto je standardní postup po startu pozvolně stoupat až do vhodné výšky a sledovat vývoj rychlosti a směru větru v jednotlivých hladinách. Směr může být dále ovlivněn i některými dalšími vlivy počasí, jako jsou například mraky, zahřátí zemského povrchu vlivem Slunce apod.

Dalším způsobem ovlivnění směru letu je využití nerovností terénu. Tím jsou myšleny například kopce, aleje, údolí apod. Pro správné pochopení toku vzduchu u zemského povrchu je nejlepší si jej představit jako vodu – voda má větší tendenci překážku (kopec) obtéct ze stran než seshora, naopak do údolí stéká velice rychle a drží zde stálý směr – a podobně se chová i vzduchová masa. Takto se ovšem vzduch chová, pokud nemá příliš velkou rychlost (viz Obrázek 2 - laminární proudění). Při vyšší rychlosti a úhlu směru větru k překážce vzniká tzv. turbulentní proudění (Obrázek 1 - Turbulentní proudění), které způsobuje nepředvídatelné proudy větru často s vyšší rychlostí než okolní vzduch. Pokud takovéto proudění vzniká za kopcem či hřebenem hory, má často velmi výrazné klesavé tendence.



Obrázek 1 - Turbulentní proudění [1]

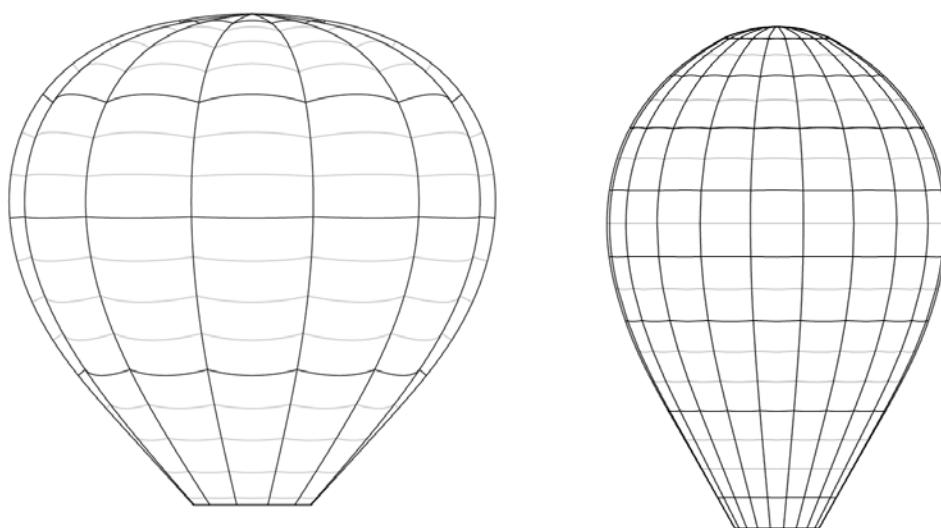


Obrázek 2 - laminární proudění [1]

2.4 Sportovní létání

Balón se dá využít k mnoha účelům, které můžeme rozdělit na dvě základní kategorie podle toho, zda je účelem samotný let nebo plnění zadání daných disciplín. Do první skupiny můžeme zařadit rekreační, komerční a reklamní lety. Sportovní létání – tedy druhá skupina - se dosti odlišuje první. Pro sportovní létání bylo navrženo speciální vybavení, které výrazně zlepšuje manévrovatelnost balónu. Nejdůležitějším prvkem sportovního balónu je obal, přesněji jeho velikost a tvar. Díky použití moderních nástrojů při vývoji balónové techniky mohou nyní speciální závodní balóny dosahovat maximální vertikální rychlosti až 9ms^{-1} , což je oproti klasickým balónům přibližně dvojnásobek.

Speciální závodní tvar má hned několik výhod oproti klasickému (Obrázek 3 - Klasický tvar (vlevo) a sportovní tvar (vpravo)). Závodní tvar zajišťuje vyšší pevnost obalu a tím zvyšuje odolnost proti deformování obalu při velkých vertikálních rychlostech. Při klesání vyššími rychlostmi způsobuje vítr proudící zespodu kolem balónu deformaci obalu - promáčknutí části obalu dovnitř, což je příčinou rotace celého tělesa. Podobně je tomu i při stoupání, kdy masa vzduchu nad obalem deformuje horní část obalu a to až tak, že může způsobit otevření odvětrávacího ventilu (parašutu). Další výhodou je rychlost reakce balónu na úkony pilota, což je další důležitá vlastnost pro sportovní balón.



Obrázek 3 - Klasický tvar (vlevo) a sportovní tvar (vpravo). Zdroj: www.kubicekballoons.cz

Sportovní létání je létání na přesnost, kde piloti startují až pět kilometrů od cíle a dosahují přesnosti i několika centimetrů. Přesnost se měří na základě zadání disciplíny a organizaci jednotlivých závodů. V Evropě se létá spíše na GPS – na obalu je umístěn GPS logger a celkové hodnocení je poté počítáno ze vzdálenosti nejbližšího bodu trajektorie od cíle. Ve Spojených státech se létá spíše na tzv. marker, což je sáček o rozměru cca 5x3cm ze stejného materiálu jako obal balónu naplněný pískem s 1,5m dlouhým fáborkem, který se piloti snaží hodit z koše na vyznačené místo. Samozřejmě je možná i kombinace obou způsobů, kdy je přesně dáno, pro které disciplíny je použito jaké metody měření.

Za výběr a organizaci disciplín je zodpovědný ředitel závodu. Na jeden let může být vybráno více disciplín (například i šest) a na pilotech je pak výběr místa startu (pokud není určeno předem), vybrání vhodných disciplín (zda se bude snažit skórovat ve všech nebo pouze v některých disciplínách) a celkové provedení letu. K dispozici s sebou má pilot v koši většinou i navigátora zodpovědného za sledování proudění vzduchu a vymýšlení strategie letu.

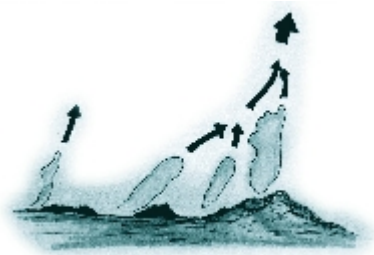
Samotný soutěžní let může ředitel závodu sestavit z mnoha disciplín. Pro představu jsou uvedeny následující:

- Judge declared goal - rozhodčím určený cíl (JDG) je disciplína, u které je před startem rozhodčím určen cíl. Cíl je vyznačen křížem a umístěn většinou na takovém místě, kde se v okolí nenachází vedení vysokého napětí a podobné nebezpečné překážky (zástavba). Obdobou této disciplíny je disciplína Fly On (FON), u které si pilot deklaruje svůj vlastní cíl ve vymezeném čase (zpravidla několik minut před skórováním v předchozí disciplíně).
- Hesitation waltz (HWZ) - Název této disciplíny, Váhavý valčík, přesně vystihuje její smysl. Soutěžícím je zadáno několik cílů, z nichž si během letu mohou vybrat právě jeden, který se jim nejvíce hodí a volbu oznámit rozhodčím podobně jako u JDG formou SMS nebo napsáním souřadnic na marker, jenž má být odhozen u cíle v předcházející disciplíně.
- Hare and Hounds (HNH) - U disciplíny Hon na lišku nejdříve vystartuje liška, tj. nesoutěžní balón, který na místě mezipřistání vyznačí cíl. Soutěžní balóny startují několik minut po lišce a tento cíl se snaží trefit co nejpřesněji.
- Nejmenší a největší vzdálenost uletěná v daném čase a další disciplíny je možné si prohlédnout na stránkách mezinárodní letecké federace FAI [7].

2.5 Meteorologie

V této části bude vysvětleno, za jakých meteorologických podmínek lze let balónem provozovat a jaká jsou jeho omezení. Dále zde bude také uvedeno, kde a jak získávat aktuální předpověď pro danou lokalitu a její spolehlivost.

Lety balónu se v ČR většinou provozují v závislosti na intenzitě slunečního záření a roční době, buď brzy ráno po východu slunce a večer před západem slunce, nebo během celého dne. Je to dáno jevem počasí nazývaným termika. Tento jev se začíná projevovat s příchodem jara a ztrácí se s příchodem zimy, kdy sněhem pokrytý povrch země má vyšší albedo (odrazivost slunečního záření) a tedy se tolik nezahřívá. Sporadicky se vyskytuje i v zimních měsících. Při východu slunce dopadají sluneční paprsky na zemský povrch pod malým úhlem a tedy i s malou intenzitou a tak jej příliš nezahřívají. Teprve během odpoledne vznikají výrazné teplotní rozdíly u různě zbarvených a typově odlišných částí povrchu země, což vede k nesourodému ohřívání krajiny a tedy i přiléhající vzduchové masy. V takto různorodě prohřáté vzduchové masě, jak říkají základy fyziky, vznikají nesourodé stoupavé proudy (Obrázek 4), kvůli kterým nelze při aktivní termice provozovat balónové létání. Naopak těchto jevů využívají paraglidisté a piloti bezmotorových letadel. Pokud je termika silná, lze ji její projevy pozorovat i pouhým okem podle tvaru a barvy mraků, tzv. termických mraků (Obrázek 5), ze kterých kvůli vysoké nasycenosti vodními parami vznikají i známé letní bouřky, bouřky z horka.







Obrázek 4 – Termika [2]



Obrázek 4 - Termický mrak (Cumulus) [2]

Dalšími omezujícími faktory pro provedení bezpečného letu je i mimo jiné rychlost větru. Příliš silný ani příliš slabý vítr není vhodný z několika důvodů. Při slabém větru je sice provedení letu pro pilota snadnější, ale vyžaduje důkladnou přípravu a přesné naplánování celého letu a možných míst přistání, protože při malé rychlosti je i dosažená vzdálenost menší a je tedy i menší počet možných vhodných míst k přistání. Naopak při vyšších rychlostech je teoreticky větší počet dosažitelných přistávacích ploch, které musejí být značně větší, z důvodu obrovské setrvačnosti balónu, ale nesmí obsahovat žádné nebezpečné překážky, jako je například vedení vysokého napětí apod. Ideální rychlost větru je tedy různá pro každou lokalitu, ale pro vyhlídkové, pasažérské lety se rychlosti pohybují od pěti do patnácti kilometrů za hodinu. Pro soutěžní lety, kdy je na palubě pilot a případně i navigátor, se maximální rychlost větru razantně zvyšuje díky speciálnímu tvaru balónu a odbornosti osob na palubě a může dosahovat i několik desítek kilometrů za hodinu (jednotlivé typy obalů mají zákonem předepsané maxima a minima horizontální a vertikální rychlosti, která jsou uvedena v letové příručce každého balónu, jenž je součástí povinné výbavy).

Mezi důležitou část bezpečného letu patří tedy i důkladné naplánování, které velice záleží na kvalitě a aktuálnosti meteorologické předpovědi. Na základní rozhodnutí, zda je let možné provést, stačí pilotovi běžně dostupné meteorologické předpovědi, avšak platí, že čím více zdrojů informací je k dispozici, tím větší je pravděpodobnost přesnosti shodných dat. V České republice je nejpreciznější projekt Medard[3] poskytující informace bez nutnosti registrace či placení poplatku. Pro získání předpovědi pro celý svět jsou doporučovány servery Windguru[4] a americké NOAA-ARL [5] (National Oceanic and Atmospheric Administration – Air Resource Laboratory). Nevýhodou Windguru je nutnost registrace a poplatku pro získání nejaktuálnějších předpovědních informací, což u NOAA-ARL potřeba není. NOAA-ARL navíc poskytuje i kvalitní předpověď výškových větrů pro lokalitu zadanou v GPS souřadnicích. Grafický výstup výškové předpovědi (viz Obrázek 6) znázorňuje vývoj větru v jednotlivých výškových hladinách rozdělených podle tlaku. Grafické znázornění používá standardizované značky, tzv. “wind flags”, které znázorňují jak rychlost (velikost a počet “nožiček”) a barva značky), tak i směr větru odkud fouká (natočením značky). Pro přesnější pochopení těchto značek, je v tabulce 1 uvedeno několik základních příkladů.

	0 ms ⁻¹	2.5 ms ⁻¹	5 ms ⁻¹	7.5 ms ⁻¹	10 ms ⁻¹	12.5 ms ⁻¹	15 ms ⁻¹	17.5 ms ⁻¹
0°								
225°								

Tabulka 1 - značky znázorňující rychlost a směr větru

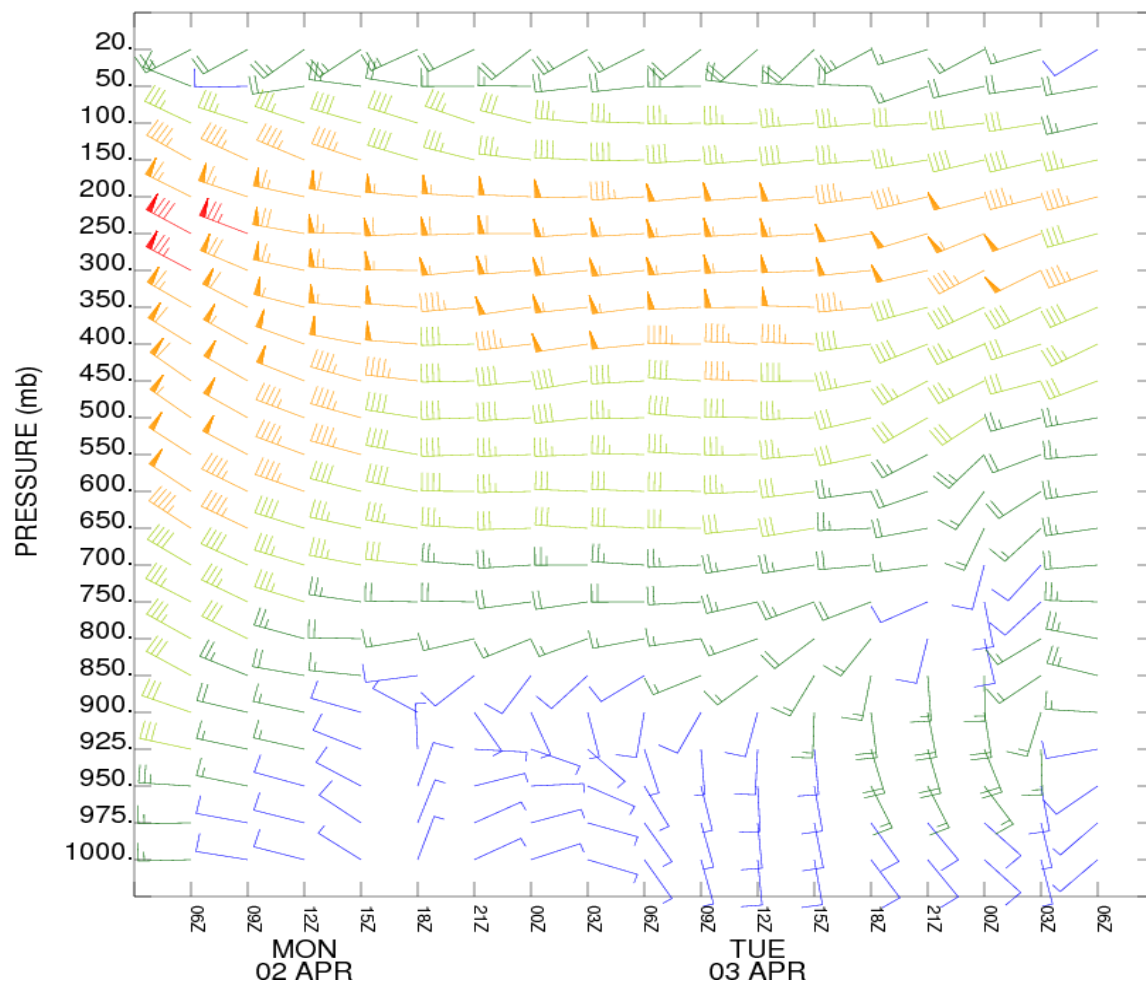
hysplit.t06z.gfsf WINDGRAM

Latitude: 49.23 Longitude: 16.52

DATA INITIAL TIME: 02 APR 2012 06Z

CALCULATION STARTED AT: 02 APR 2012 06Z
CALCULATION ENDED AT: 04 APR 2012 06Z

NOAA AIR RESOURCES LABORATORY
READY Web Server



Obrázek 5 - Výstup předpovědi výškových větrů pro lokalitu Brněnské přehrady ze dne 2. 4. 2012, zdroj [5]

3 Ostatní teorie

V této kapitole bude popsána veškerá ostatní teorie, která byla prostudována k návrhu výsledné aplikace. Zejména teorie geografických výpočtů, návrh grafického rozhraní a formát ukládaných dat.

3.1 Navigace a souřadnicové systémy

V této podkapitole bude popsán základní princip fungování GPS systému a jeho využití pro navigaci při letu v horkovzdušném balónu. Dále budou uvedeny i nejpoužívanější formáty GPS souřadnic a způsob konverze mezi nimi.

3.1.1 Global Positioning System

Global Positioning System (GPS) je původně americký vojenský projekt pro určování polohy na Zemi. Jeho základ tvoří 24 satelitů umístěných ve výšce 20 200 km nad Zemí vysílající rádiový signál. Tento signál je zpracován na straně přijímače a z doby letu signálu od vysílače k přijímači je určena vzdálenost. K určení 2D polohy, princip nazývaný 3-D Trilateration, je potřeba mít na straně přijímače dostatečně kvalitní signál nejméně tří satelitů, pro 3D polohu (a tedy i pro určení nadmořské výšky přijímače) je potřeba minimálně čtyř satelitů. Základní systém GPS poskytuje informaci o poloze s metrovou přesností. Pokud je potřeba vyšší přesnosti, lze použít dodatečného systému, tzv. Differential GPS (D-GPS). Pro balónové létání je ovšem metrová přesnost dostačující a tak je systému GPS hojně využíváno jak při vyhlídkovém (navigace balónu, koordinace doprovodného týmu a záznam o letu), tak i sportovním létání (navíc ještě vyhodnocení daných disciplín a kontrola dodržení všech pravidel soutěže).

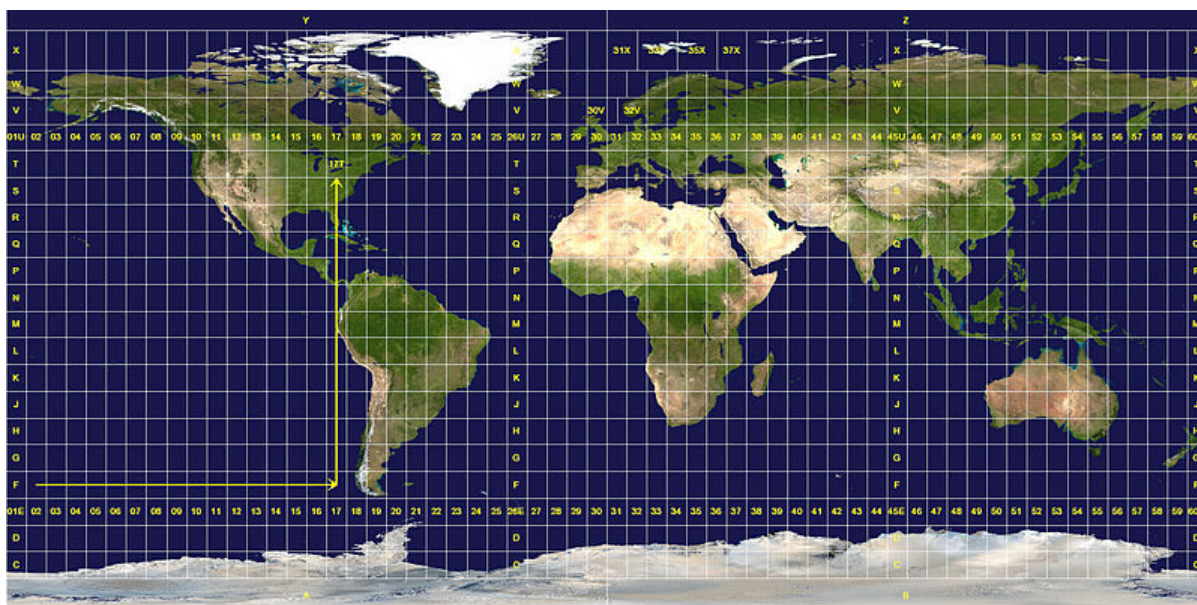
3.1.2 WGS84 a UTM

Jak již bylo řečeno, poloha bodu na Zemi se v systému GPS určuje souřadnicemi. Existuje několik typů souřadnicových systémů. Každý systém je charakterizován zvolenou referenční plochou, definicí počátku, souřadnicových os, jednotek míry kartézského (pravoúhlého systému) a způsobem vybudování základní trigonometrické sítě. Je zvykem, že jednotlivé státy používají lokální souřadnicové systémy, které volbou referenční plochy a typu zobrazení nejlépe vyhovují danému území, kde jsou tedy velice přesné. V České republice bylo vybudováno několik souřadných systémů v závislosti na aktuálních politických a státních poměrech s rozdílnou kvalitou. Nyní je v ČR nejpoužívanější systém S-JTSK (pro civilní sektor) a S-42 (pro armádní sektor). V posledních letech je trendem zavádět globální souřadnicové systémy, mezi které patří i nejpoužívanější UTM (Universal Transverse Mercator) a WGS84 (World Geodetic System 1984).

GPS používá jako základní systém šířka-délka (WGS84), kde jednotlivé body jsou definované zeměpisnou délkou, šířkou a výškou. Zápis zeměpisné šířky a délky může být ve stupních (DD.ddddd°), stupních a minutách (DD°MM.mmmm') anebo ve stupních, minutách a vteřinách (DD°MM'SS.s"), přičemž je třeba vždy správně uvést, zda se jedná o severní nebo jižní šířku a o východní nebo západní délku. Tento systém používá referenční elipsoid WGS84, což je globální elipsoid pro aproximaci tvaru Země, jelikož skutečný tvar Země není pravidelný. Výška se uvádí v metrech, kdy se nejedná o skutečnou nadmořskou výšku, ale o elipsoidickou výšku. Elipsoidická

výška je výška nad elipsoidem (vzdálenost od elipsoidu), která se co nejvíce přibližuje skutečnému povrchu Země, ale závisí na použitém referenčním elipsoidu.

Naproti tomu systém UTM je založen na povrchu Země rozloženém na mřížky a od systému WGS84 se velice liší, i když jej používá jako svůj referenční elipsoid. Nejedná se o mapové zobrazení, ale o systém šedesáti zón (viz Obrázek 7). Protože se jedná o zobrazení částí elipsoidu do roviny, lze na mapách v UTM měřit vzdálenost dvou bodů ležících ve stejné zóně pomocí Pythagorovy věty. Střed souřadnic je pro každou zónu jiný a tvoří jej průsečík středového poledníku zóny s rovníkem. Od tohoto středu se měří vzdálenosti v metrech po ose x rostoucí od středového poledníku směrem na východ (tzv. easting) a po ose y rostoucí od rovníku směrem na sever (tzv. northing). Poloha bodu na zemi v systému UTM se tedy udává pomocí x-ové a y-ové souřadnice v dané zóně.[6]



Obrázek 6 - Sít' zón UTM, zdroj [6]

3.1.3 Transformace souřadnic

Transformací neboli převodu souřadnic mezi souřadnými systémy či formáty zápisu jednotlivých systému je nepřeberné množství. V této podkapitole bude tedy vysvětleno pouze několik základních transformací potřebných pro tuto práci.

První transformací je převod mezi formáty zápisu systému délka-šířka. Jak je uvedeno v kapitole 3.1.2, existuje několik formátů zápisů. Základním formátem pro určení polohy je DD.dddddd°, tedy vyjádření ve stupních. Dalším je DD°MM.mmmm' – vyjádření ve stupních a minutách. U převodu do tohoto formátu se používá klasického převodu stupňů, tedy 1° odpovídá 60'. A posledním způsobem zapsání polohy je použití stupňů, minut a vteřin ve formátu DD°MM'SS.s", kdy jedna minuta odpovídá šedesáti vteřinám a 1° tedy odpovídá 3600'. U těchto způsobů formátu se poměrně jednoduše dá zjistit vzdálenost dvou bodů na rovníku, kde 1° je 111.2 km, 1' je 1853 m a jedna vteřina je 30.9 m.

3.1.3.1 Použité vzorce

- ### Obrázek 7 - transformace mezi UTM a formátem šířka-délka

- $a = 6\,378\,137$ m (poloměr rovníku)
- $b = 6\,356\,752.3142$ m (polární poloměr)
- $(a-b)/a = 1/298.257223563$ (parametr zploštění)

- lat =zeměpisná šířka (latitude)
- lon =zeměpisná délka (longitude)
- $long_0$ =centrální poledník dané zóny
- $k_0=0.9996$

- $e = \sqrt{\left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right)} \approx 0.8$ (excentricita zemského eliptického průřezu)

- $e'^2 = \left(\frac{e \cdot a}{b}\right)^2 = \frac{e^2}{(1-e^2)} = 1.7$

- $n = \frac{a-b}{a+b}$

- $\rho = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2(lat))}^3}$ (poloměr zakřivení země v rovině poledníku)
- $v = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2(lat))}}$ (poloměr zakřivení země kolmo k rovině poledníku)
- $p = long - long_0$ (v radiánech)

Výpočet poledníkového oblouku S od daného bodu (vzdálenost podél zemského povrchu, respektive elipsoidu, od rovníku; všechny úhly jsou uvedeny v radiánech):

- $S = A' \cdot lat - B' \cdot \sin(2 \cdot lat) + C' \cdot \sin(4 \cdot lat) - D' \cdot \sin(6 \cdot lat) + E' \cdot \sin(8 \cdot lat)$
- $A' = a \left[1 - n + \frac{5}{4} \cdot (n^2 - n^3) + \frac{81}{64} (n^4 - n^5) \dots \right]$
- $B' = 3 \cdot \tan\left(\frac{S}{2}\right) \cdot \left[1 - n + \frac{7}{8} (n^2 - n^3) + \frac{55}{64} (n^4 - n^5) \dots \right]$
- $C' = (15 \cdot \tan^2\left(\frac{S}{16}\right)) \cdot \left[1 - n + \frac{3}{4} (n^2 - n^3) \dots \right]$
- $D' = (35 \cdot \tan^3\left(\frac{S}{48}\right)) \cdot \left[1 - n + \frac{11}{16} (n^2 - n^3) \dots \right]$
- $E' = (315 \cdot \tan^4\left(\frac{S}{512}\right)) \cdot [1 - n \dots]$

Nebo také jako:

$$S = a \left[\left(1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} \dots \right) \cdot lat - \left(\frac{3e^2}{8} + \frac{3e^4}{32} + \frac{45e^6}{1024} \dots \right) \cdot \sin(2 \cdot lat) + \left(\frac{15e^4}{256} + \frac{45e^6}{1024} + \dots \right) \cdot \sin(4 \cdot lat) - \left(\frac{35e^6}{3027} + \dots \right) \cdot \sin(6 \cdot lat) + \dots \right]$$

3.1.3.2 Transformace z UTM do formátu šířka-délka

Tato transformace se řídí následujícími vzorci:

$y = K1 + K2 \cdot p^2 + K3 \cdot p^4$, kde

$$K1 = S \cdot k_0$$

$$K2 = \frac{k_0 \cdot v \cdot \sin(lat) \cdot \cos(lat)}{2} = \frac{k_0 \cdot v \cdot \sin(2 \cdot lat)}{4}$$

$$K3 = \left[\frac{k_0 \cdot v \cdot \sin(lat) \cdot \cos^3(lat)}{24} \right] \cdot [5 - \tan^2(lat) + 9 \cdot e'^2 \cdot \cos^2(lat) + 4 \cdot e'^4 \cdot \cos^4(lat)]$$

$x = K4 \cdot p + K5 \cdot p^3$, kde

$$K4 = k_0 \cdot v \cdot \cos(lat)$$

$$K5 = \frac{k_0 \cdot v \cdot \cos^3(lat)}{6} \cdot (1 - \tan^2(lat) + e'^2 \cdot \cos^2(lat))$$

Kde y značí northing a x značí easting. X je v tomto tvaru vypočítáno ve vztahu k nultému poledníku, takže pro získání klasického northingu stačí přičíst 500 000m. $K1$ je délka oblouku kolem nultého poledníku upravena o k_0 . Výpočet všech ostatních K zahrnuje v , lokální poloměr zakřivení, který je přibližně roven poloměru země (zhruba 6 400km), trigonometrické funkce a mocniny e'^2 , takže nikdy

nebude větší než v . Pokud bychom u výpočtu y vynechali $K3$, aproximovali bychom paralelu zeměpisné šířky jako parabolu, ale ve skutečnosti je křivka daleko složitější.

3.1.3.3 Transformace z formátu šířka-délka do UTM

Nejprve je nutné vypočítat poledníkový oblouk M a fp (footprint latitude – zeměpisná šířka bodu na nultém poledníku, která má stejnou vzdálenost od rovníku jako převáděný bod) následovně (y opět značí northing a x easting, přičemž je opět nutné odečíst 500 000 při použití klasického northingu):

$$M = \frac{y}{k_0} \quad fp = \mu + J1 \cdot \sin(2 \cdot \mu) + J2 \cdot \sin(4 \cdot \mu) + J3 \cdot \sin(6 \cdot \mu) + J4 \cdot \sin(8 \cdot \mu), \text{ kde}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{M}{a \cdot \left(1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3 \cdot e^4}{64} - \frac{5 \cdot e^6}{256} \dots\right)} & e_1 &= \frac{1 - \sqrt{1 - e^2}}{1 + \sqrt{1 - e^2}} \\ J1 &= \frac{3 \cdot e_1}{2} - \frac{27 \cdot e_1^3}{32} \dots & J2 &= \frac{21 \cdot e_1^2}{16} - \frac{55 \cdot e_1^4}{32} \dots \\ J3 &= \frac{151 \cdot e_1^3}{96} \dots & J4 &= \frac{1097 \cdot e_1^4}{512} \dots \end{aligned}$$

Dále vypočteme pomocné konstanty podobně jako u předchozí transformace:

$$\begin{aligned} e'^2 &= \left(\frac{e \cdot a}{b}\right)^2 = \frac{e^2}{(1 - e^2)} & C1 &= e'^2 \cdot \cos^2(fp) \\ T1 &= \tan^2(fp) & R1 &= \frac{a \cdot (1 - e^2)}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2(fp)}}^3 \\ N1 &= \frac{a}{\sqrt{(1 - e \cdot \sin^2(fp))}} & D &= \frac{x}{N1 \cdot k_0} \end{aligned}$$

Kde $R1$ je stejné jako ρ a $N1$ je stejné jako v s tím, že jsou vypočteny pro fp místo zeměpisné šířky. Už nic nebrání vypočítat zeměpisnou šířku (lat) a délku (lon).

$$lat = fp - Q1 \cdot (Q2 - Q3 + Q4), \text{ kde}$$

$$\begin{aligned} Q1 &= \frac{N1 \cdot \tan(fp)}{R1} \\ Q2 &= \frac{D^2}{2} \\ Q3 &= \frac{(5 + 3 \cdot T1 + 10 \cdot C1 - 4 \cdot C1^2 - 9 \cdot e'^2) \cdot D^4}{24} \\ Q4 &= \frac{(61 + 90 \cdot T1 + 298 \cdot C1 + 25 \cdot T1^2 - 3 \cdot C1^2 - 252 \cdot e'^2) \cdot D^6}{720} \end{aligned}$$

$$lon = long_0 + \frac{(Q5 - Q6 + Q7)}{\cos(fp)}, \text{ kde}$$

$$\begin{aligned} Q5 &= D \\ Q6 &= \frac{(1 + 2 \cdot T1 + C1) \cdot D^3}{6} \\ Q7 &= \frac{(5 - 2 \cdot C1 + 28 \cdot T1 - 3 \cdot C1^2 + 8 \cdot e'^2 + 24 \cdot T1^2) \cdot D^5}{120} \end{aligned}$$

Pro určení zeměpisné délky jsme jednoduše aproximovali tak, že zeměpisná délka je přímo úměrná eastingu, ale pak, protože fp je příliš velké, je pravá zeměpisná délka menší, protože leží na paralele blíže rovníku. Dělitel $\cos(fp)$ slouží pouze pro korekci délky s měnící se šířkou.

3.1.4 Další geografické výpočty

Jedním z nejdůležitějších výpočtů tohoto typu je výpočet vzdálenosti dvou geografických bodů. Pokud bychom omezili body pouze na jednu zónu systému UTM, bylo by možné využít Euklidovské metriky, jenž je nejjednodušším vyjádřením vzdáleností mezi bodem $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ a $B = (B_1, B_2, \dots, B_n)$ v geografickém prostoru. Vzdálenost těchto bodů je dána vztahem:

$$d_{(A,B)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2}$$

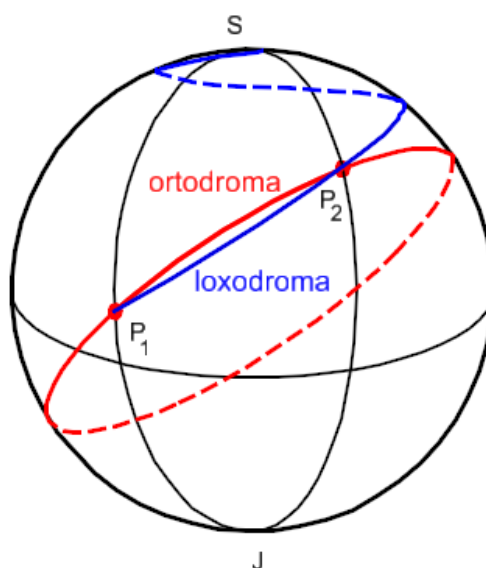
Této teorie ovšem nelze využít v globálním měřítku, protože nejmenší vzdálenost mezi bodem $X = (\varphi_1, \lambda_1)$ a bodem $Y = (\varphi_2, \lambda_2)$ na kulové ploše, tedy Zemi, nevede po přímce, ale po tzv. ortodromě. Ortodroma na rozdíl od loxodromy (Obrázek 8), která se používá v letecké a námořní navigaci pro výpočet nejkratší vzdálenosti na Zemi při potřebě překonat tisícikilometrové vzdálenosti a která ve svém principu výpočtu počítá s rotací Země kolem své osy, protíná poledníky pod různými úhly (azimuty). Příkladem ortodromy jsou poledníky, naopak rovnoběžky s výjimkou rovníku ortodromami nejsou. Ortodromickou vzdálenost můžeme určit ze sférické kosinové věty vztahem¹:

$$d_{(X,Y)} = \cos^{-1}(\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)) \cdot r$$

kde r je poloměr Země, tedy 6 378 km.

Dalším důležitým výpočtem souvisejícím s ortodromou, je výpočet úhlu, který mezi sebou svírají dva body na Zemi vzhledem ke geografickému severu, tedy azimutu. Jak je uvedeno výše, úhel ortodromy se vzhledem k jednotlivým poledníkům mění, a tak se postupně mění i azimut při cestě z jednoho bodu do druhého po ortodromě. Pro potřeby navigace na kratší vzdálenosti však postačuje výpočet počátečního azimutu, který úzce souvisí s rovnicí ortodromy uvedenou výše. Jeho velikost α je dána vztahem:

$$\alpha_{(X,Y)} = \tan^{-1} \frac{(\cos \varphi_2 \cdot \sin(\lambda_2 - \lambda_1))}{\sin \varphi_2 \cdot \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)}$$



Obrázek 8 - ortodroma a loxodroma, zdroj: [8]

¹ Všechny výpočty s úhly uvedené v této kapitole předpokládají velikost úhlů v radiánech

3.2 Mapové aplikace

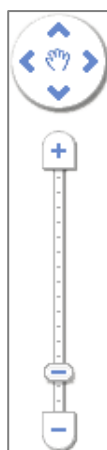
Nedílnou součástí přehledné navigační aplikace musí být i mapový podklad, který slouží nejen k zobrazení polohy uživatele, ale poskytuje nepřeborné množství dalších informací, které si uživatel dokáže z mapy sám zjistit. V případě balónového létání mapu uživatel využije například k výběru míst k přistání (vybírání se vhodné místo bez překážek, elektrických vedení, nejlépe v místech, kde by měl vítr slábnout apod.), cíle (tak, aby neporušil soutěžní pravidla – místo musí být na křižovatce cest a v okolí 300 m nesmí být elektrické vedení či jiné nebezpečné překážky) a navigace doprovodného vozidla (pilot ve vzduchu má daleko lepší rozhled než doprovodné vozidlo a velice často se pilot potřebuje správně zorientovat a sjednotit si mapu a okolní krajinu, aby vozidlo bylo nachystané na místě přistání dříve, než přiletí balón, aby případně mohla posádka vozidla při přistání asistovat). To je pouze několik málo důvodů, proč měla práce s navigační aplikací být co nepřirozenější a nejrychlejší. V následujících kapitolách budou popsány ovládací a informační prvky, které práci s mapovou aplikací výrazně zjednodušují.

3.2.1 Prvky pro interakci s mapovým podkladem

Prvky zajišťující změnu detailu přiblížení (zoomování) jsou snad nejdůležitější pro ovládání aplikace, proto interakce s nimi by měla být přirozená a odezva aplikace na jejich funkci co nejrychlejší, aby se nestalo, že aplikace stále načítá určitou úroveň přiblížení a přičemž netrpělivý uživatel předpokládá, že aplikace na jeho pokyn nereagovala a tak zadá pokyn přiblížení, respektive oddálení, ještě jednou (nebo i vícekrát) a pak se diví, co se vlastně stalo. Vizualně tyto prvky bývají nejčastěji zastoupeny tlačítkem přiblížení (nejčastěji s ikonou znaku “+” – plus) a oddálení (ikona se znakem “–” – mínus), často doplněné motivem lupy, jak je vidět na následujících obrázcích. Dalším doplňujícím prvkem je měřítko úrovně přiblížení/oddálení, které je vidět na obrázku 11 a obrázku 12. U dotykových zařízení s podporou detekce dotyku více prstů, může být navíc pro zoomování použito speciálního gesta.



Obrázek 11 – Ukázka ovládacích prvků, zdroj: earth.google.com



Obrázek 11 - Ukázka ovládacích prvků, zdroj: amapy.centrum.cz



Obrázek 11 - Ukázka ovládacích prvků, zdroj: mapy.cz

Další neméně důležitou funkcí je pohyb po mapě. Ten je většinou zajištěn táhnutím kurzoru po kliknutí a to buďto kurzorem myši, nebo prstem po obrazovce dotykového displeje. Navíc u některých aplikací (viz obrázky výše v této kapitole) existuje i možnost pohybu pomocí směrových šipek, které po kliknutí posunou střed mapy o určitou vzdálenost vzhledem k detailu přiblížení v daném směru šipky. Některé aplikace poskytují možnost pohybu pomocí náhled na celou mapu

v dalším menším okně, kde po kliknutí na určité místo v náhledu se mapa vycentruje na toto místo. Jako každá papírová mapa poskytují i některé mapové aplikace měřítko, které se samozřejmě mění s úrovní přiblížení, tak aby odpovídalo skutečnosti.

3.2.2 Pasivní prvky mapových aplikací

Pasivní prvky, tedy prvky, které uživatel nemá v rámci práce s mapou možnost měnit, slouží k přehlednosti a informovanosti uživatele. Patří mezi ně ukazatel aktuální polohy, trajektorie, tedy prošlá (respektive uletěná) trasa, kurzor určující aktuální polohu, ukazatel trasy k cíli (vypočítané aplikací na základě podmínek uživatele) pokud je zadán a u některých specializovaných aplikací, jako například aplikace pro balónové létání, i ukazatel aktuálního směru napříč celou mapou. Trasa a ukazatele směru jsou většinou znázorněny jednoduchými čarami o různých šířkách a barvách a někdy i stylech (čárkovaná, čerchovaná apod.). Ukazatel polohy je však daleko důležitější, protože by měl být dostatečně velký, přehledný, neměl by příliš zakrývat mapový podklad v okolí aktuální polohy a navíc u některých speciálních aplikací, jako třeba pro naše balónové létání, by měl zobrazovat i další informace. Nejčastěji proto bývá pro zobrazení aktuální polohy použito různých trojúhelníků, šipeček, “zaměřovátek”, koleček a podobných tvarů.

Velice vhodné u každé takové mapové aplikace je, aby k dané poloze na mapě zobrazovala i aktuální data získaná z GPS přijímače. Nejčastěji to bývá pouze horizontální rychlost a kurz, ale velice se hodí i další informace, jako třeba výška, vzdálenost a část od cíle, vertikální rychlost a maximální a minimální hodnoty rychlosti, výšky nebo kurzu od zapnutí GPS přijímače. Veškeré tyto informace musí být uživateli podány přehledně a ve vhodných, nebo uživatelsky specifikovatelných, jednotkách.

Velice vhodné je i přizpůsobení zobrazení celé aplikace světelným podmínkám při použití – noční režim apod. U pasivních prvků je velice vhodné, aby uživatel mohl změnit jejich styl, barvu či tloušťku dle svých představ. To stejné by mělo platit i o následujících prvcích.

3.2.3 Další prvky mapových aplikací

Nedílnou součástí navigační aplikace je i možnost zadat cíl, či jiné uživatelské body (POI -points of interest aj.). Způsobů zadání těchto bodů je několik, důležité však je, aby uživatel nebyl nijak omezen aplikací, kde a jaký bod vybere a navíc by výběr měl proběhnout v co nejmenším počtu kroků. Způsobů zadání je proto hned několik. Prvním způsob předpokládá znalost přesné polohy bodu v GPS souřadnicích v daném formátu a jejich vyplnění do dialogového okna. Druhý způsobem je zadání cíle kliknutím (dvou kliknutím či kliknutím na speciální tlačítko pro zadávání bodů) na určité místo na mapě. Tento způsob není však v rámci úrovně přiblížení tak přesný, je ovšem daleko rychlejší a pohodlnější. Velice dobrou vlastností mapové aplikace je možnost kombinace těchto dvou způsobů tak, že uživatel, pokud zná přibližnou polohu, vybere cíl na mapě kliknutím a poté již jen edituje souřadnice v dialogovém okně.

3.3 Formát ukládaných dat

Standardní funkcí u mapových a navigačních aplikací je i ukládání a zpětné načítání trajektorie, procestované trasy, a trasových bodů nebo bodů zájmu (POI), tzv. “waypointů”. Jak je zvykem, po světě existuje mnoho různých formátů popisujících tyto informace. Mezi nejrozšířenější formát patří GPS eXchange Format (GPX), ve kterém je schopna ukládat data většina GPS zařízení na trhu. Jeho

velkou výhodou, jenž vychází z použité specifikace XML, je schopnost popsat veškeré informace o trase (trasové body, body zájmu i prošlou cestu) v jednom souboru .gpx. GPX, který ovšem ve sportovním balónovém létání není nejpoužívanější. Daleko více rozšířené jsou formáty programu OziExplorer, které jsou popsány v následujících podkapitolách. V poslední podkapitole bude popsán formát mapových podkladů. Velkou nevýhodou programu OziExplorer je jeho uzavřenost a tedy i uzavřenost veškerých souborových formátů, které jsou jeho součástí. Jelikož je ale většina formátů v textové, řádkově orientované podobě, je možné velkou část potřebných informací z nich získat. Veškeré informace uvedené v této podkapitole byly zjištěny vlastním bádáním vycházejícím ze specifikací starších verzí jednotlivých formátů z [9].

3.3.1 Formát souboru waypointů

Formát souboru waypointů OziExplorer ukládá s koncovkou .wpt. Na prvních čtyřech řádcích obsahujících hlavičku souboru, jsou uvedeny informace o verzi použitého formátu daného souboru, geodetické datum a další viz následující tabulka 2:

Číslo řádku	Význam	Ukázka
1	Typ a verze souboru	OziExplorer Waypoint File Version 1.1
2	Geodetické datum uvedených bodů	WGS 84
3	Rezervováno	Reserved 2
4	Standard GPS symbolů	Garmin

Tabulka 2 - formát hlavičky souboru .wpt

Na každém dalším řádku tohoto formátu jsou uvedeny informace vždy pro jeden bod, přičemž musí splňovat následující požadavky pro verzi formátu 1.1:

- Jednotlivá pole jsou oddělena čárkami
- Znak čárka není povolen v textových polích, místo čárky v textových polích je použit znak s ASCII hodnotou 209
- Rozšiřující hodnoty nemusí být vyplněny (místo nich se použije defaultní hodnota), ale čárka jako oddělovač musí být uvedena (např. „,“)

Význam jednotlivých polí na každém řádku je následující:

Pole 1 - Číslo (ID) waypointu, musí být unikátní v celém souboru; může být nastaveno na -1 a jeho ID bude automaticky vygenerováno

Pole 2 - Jméno waypointu

Pole 3 - Zeměpisná šířka (ve stupních)

Pole 4 - Zeměpisná délka (ve stupních)

Pole 5 - Datum-čas (viz dále)

Pole 6 - Číslo GPS symbolu pro zobrazení na mapě

Pole 7 - přesný význam je neznámý

Pole 8 - přesný význam je neznámý

Pole 9 - Barva textu (RGB hodnota)

Pole 10 - Barva pozadí (RGB hodnota)

Pole 11 - Popis

Pole 12 - Směr ukazatele

Pole 13 - Zobrazení ve stylu Garmin

Pole 14 - Poloměr přiblížení

Pole 15 - Výška (ve stopách; hodnota -777 použita pro identifikaci nenastavené výšky)

Pole 16 - Velikost fontu popisu

- Pole 17 - Tučnost fontu popisu (0 – normální font; 1– tučný font)
- Pole 18 - Velikost symbolu
- Pole 19 - Pozice symbolu přiblížení
- Pole 20 - Čas přiblížení
- Pole 21 - přesný význam je neznámý
- Pole 22 - Jméno souboru přílohy
- Pole 23 - Jméno souboru přiblížení
- Pole 24 - Jméno symbolu přiblížení

Jelikož OziExplorer je psán v jazyce Delphi, je i čas a datum v souborech ukládáno v Delphi formátu typu TDateTime, který ukládá datum jako počet dní od 30. prosince 1899. V celé části uloženého čísla je tedy počet dní od daného data a v desetinné je čas dne. Například číslo 2.75 značí datum 1. 1. 1990 a čas 06:00.

3.3.2 Formát souboru trasy

Formát souborů trasy je podobný jako formát souboru .wpt, pouze jako koncovku používá .plt a výrazně se liší hlavička souboru (viz tabulka 4) a samozřejmě i obsah dalších řádků.

Řádek	Význam	Ukázka
1	Typ a verze souboru	OziExplorer Track Point File Version 2.1
2	Geodetické datum bodů	WGS 84
4	Poznámka - výška ve stopách	Altitude is in Feet
5	Několik polí	0,3,5450740,Track Log - 9.6.2011 0:13:33,0,2,8421376,-1
6	Počet trasových bodů	3554

Tabulka 3 - formát hlavičky souboru .plt

Na pátém řádku specifikace souboru je uvedeno několik polí s následujícím specifickým významem pro trasový soubor:

- Pole 1 - vždy nastaveno na 0, přesný význam neznámý
- Pole 2 - tloušťka trasy na obrazovce
- Pole 3 - barva trasy
- Pole 4 - popis trasy
- Pole 5 - počet přeskočených bodů při zobrazení na obrazovce pro optimalizaci aplikace
- Pole 6 - typ trasy (0=normální trasa;10=uzavřený polygon;20=varovná zóna)
- Pole 7 - styl výplně trasy (0=celistvé; 1=bez výplně; 2=levě diagonální; 3=pravě diagonální; 4=křížové; 5=diagonálně křížové; 6= horizontální; 7=vertikální)

Každý další řádek obsahuje definici vždy jednoho trasového bodu. Formát je navržen tak, aby bylo možné uložit do jednoho souboru i více tras přičemž jednotlivé řádky opět musí splňovat stejné podmínky jako soubor .wpt. V jeho specifikaci je zakotvena i funkce konce daného úseku trasy a začátek dalšího. Význam jednotlivých polí řádku trasového bodu je následující:

- Pole 1 - Zeměpisná šířka (ve stupních)
- Pole 2 - Zeměpisná délka (ve stupních)
- Pole 3 - Kód indikující novou trasu (přerušení stávající); 0=bez přerušení;1=přerušení
- Pole 4 - Výška (ve stopách; hodnota -777 použita pro identifikaci nenastavené výšky)
- Pole 5 - Datum-čas (stejně jako u souboru .wpt)
- Pole 6 - Datum jako řetězec ve formátu yy:mm:dd (např.: 09-6-11)

Pole 7 - Čas jako řetězec ve formátu hh:mm:ss (např.: 18:09:17)

Program OziExplorer pracuje s časem uvedeným v poli 5. Pole 6 a 7 jsou ve formátu uvedeny pouze pro přehlednost.

3.3.3 Formát souboru definice mapy

Formát mapového souboru (koncovka souboru .map) je nejsložitější z uvedených formátů, jelikož obsahuje veškeré informace pro přesné referencování mapového podkladu (nejčastěji rastrového obrázku) v daném souřadnicovém systému Země, tzv. georeferencování, a další informace o dané mapě, které si OziExplorer ukládá. Jelikož tento soubor obsahuje velké množství různých informací a opět se jedná o řádkově orientovaný textový soubor, bude význam jednotlivých řádků označených symbolem • v takovém pořadí jak jdou řádky ve specifikaci formátu verze 2.2 po sobě.

- Hlavička a verze souboru
 - Např.: OziExplorer Map Data File Version 2.2
- Titulek mapového podkladu
 - Většinou uveden název souboru
- Úplná cesta v souborovém systému k mapovému podkladu
 - Např.: C:\Mapy\Radešín\Radesin_2011.ozf2
- Geodetické datum (referenční elipsoid)
 - Např.: WGS 84,WGS 84, 0.0000, 0.0000,WGS 84
 - Většinou je potřebné pouze geodet. datum (WGS 84), další parametry slouží k definici a posunu souřadnicových systémů
- Reserved 1
- Reserved 2
 - dva řádky rezervované k dalšímu využití
- Magnetická deklinace
 - Úhlový rozdíl mezi směry zeměpisného a magnetického severního pólu Země
 - Např.: Magnetic Variation,,,E (deklinace není uvedena)
- Mapové zobrazení
 - Např.: Map Projection,(UTM) Univerzální transversální Mercator, PolyCal, No, AutoCalOnly, No, BSBUseWPX, No
 - Kde význam jednotlivých polí je následující:
 - Map Projection – identifikace řádku
 - (UTM) Univerzální transversální Mercator – použité zobrazení
 - Polycal, No – značí, zda je nebo není použito polynomiální kalibrace
 - AutoCalOnly,No – značí, zda má uživatel možnost měnit kalibraci
 - BSBUseWPX,No – značí, zda je použito kalibračních informací z BSB obrazového souborového formátu jako mapového podkladu [10]
- 30 řádků obsahujících kalibrační body
 - Např.: Point01,xy,1412, 291,in, deg,49,41.8151167,N,15,48.3669333,E, grid,,,N
 - kde význam polí je následující:
 - Point01 – číslo bodu (1 – 30)
 - xy, 1412, 291 – způsob zápisu a souřadnice bodu rastru
 - in, deg, 49,41.8151167,N, 15,48.3669333,E – odpovídající zeměpisná délka a šířka bodu ve stupních
 - grid,,,N – odpovídající zeměpisná poloha při použití UTM souřadnic

- Detailní nastavení mapového zobrazení
 - Projection Setup,,,,,,,,,,
- Řádky s informací o tom, co se vyskytuje dále
 - Map Feature = MF ; Map Comment = MC These follow if they exist
 - Track File = TF These follow if they exist
 - Moving Map Parameters = MM? These follow if they exist
- Po těchto řádcích se může vyskytovat několik dalších dle jejich specifikace, které nejsou pro účely této práce podstatné.

Jak je vidět hned na třetím řádku, kde se vyskytuje soubor s příponou .ozf2 (nebo také i novější .ozfx3), který je specifický pro ukládání mapových podkladů OziExploreru ve vrstvách a tak při přibližování nevzniká problém s kvalitou zobrazení způsobenou úrovní přiblížení. Tento formát je nicméně opět proprietární a existuje pouze málo aplikací, které jsou schopny tento formát přečíst, získat z něj obrazová data a uložit je v otevřeném formátu. Dalším velice důležitým prvkem je několik řádků popisujících body rastru a k nim odpovídající body na Zemi – tzv. georeferenční (identické) body. Problematika samotného georeferencování rastrového souboru je poměrně složitá a není nutné ji zde dopodrobna popisovat.

3.4 Dotykové uživatelské rozhraní

Díky moderním technologiím se dotyková uživatelská rozhraní dostávají stále více do popředí a zaštiťují klasická grafická uživatelská rozhraní navržené pro interakci uživatele pomocí myši (a podobných polohovacích zařízení) a klávesnice. Proto je potřeba brát tuto skutečnost na zřetel a při návrhu aplikovat specifická pravidla a doporučení použité platformy, jelikož každý má trochu jiný názor na řešení této problematiky. Obecně se však dají tato pravidla shrnout do následujících bodů.

3.4.1 Velikost ovládacích prvků

Aby byla aplikace použitelná pro ovládání prstem, prvky na dotykové obrazovce musí být dostatečně velké. V tom, jakou minimální velikost mají prvky rozhraní mít, se světoví výrobci poměrně rozcházejí. Apple ve svých doporučeních pro návrh specifikuje minimální velikost prvků na 44 x 44 pixelů. Microsoft naopak doporučuje minimální rozměry prvků navrhnout na 34 x 34 px s dotykovou oblastí minimálně 26 x 26 px. Nokia ve svých doporučeních postoupila o krok dále a navrhuje použití prvků větších než 1 x 1 cm nebo 28 x 28 px. Ve skutečnosti všechny navrhované velikosti jsou daleko menší než průměrný prst člověka, což může vést k problémům při ovládání aplikace.

Navíc prvek by neměl být veliký pouze tak, aby se na něj dalo kliknout, ale musí uživateli poskytnout určitou zpětnou vazbu o provedené akci. Nejčastěji je tato vazba provedena barevným zvýrazněním prvku (nejpoužívanější a nejpřirozenější), zvukovým signálem či jiným způsobem. Ovšem pokud chceme dát uživateli zpětnou vazbu, už taková velikost prvku, aby se na něj dalo kliknout, nestačí, protože prvek musí být větší než prst, aby uživatel změnu vzhledu prvku mohl zaznamenat.

Dalším úskalím je jaký prst uživatel pro interakci s prvkem použije. Dle studie MIT [14] je průměrná šířka ukazováčku dospělého člověka 16 – 20 mm, což je přibližně 45 – 57 px, kdežto průměrná šířka palce je 25 mm. Jaký prst ovšem uživatel použije, je do určité míry ovlivnit rozmístěním ovládacích prvků. O tom ale více v následující části této kapitoly. Velikost samotného prvku a jeho dotykové

plochy ovšem není vše. Velice důležitou roli hraje i velikost okraje všech prvků. Ta musí být dostatečně velká, aby se uživatel jednoduše trefil na daný prvek a ne na sousedící, ale zároveň by neměla být moc velká, aby na obrazovce nezabírala drahocenné místo.

3.4.2 Orientace obrazovky a rozmístění komponent

Moderní mobilní zařízení, tedy zařízení, kde se momentálně nejvíce využívá dotykových displejů, dnes již v sobě standardně integrují i gyroskop, podle kterého se řídí orientace zobrazovaných dat na displeji (na šířku nebo na výšku). Tomuto chování je tedy potřeba aplikace přizpůsobit a pro obě orientace (pokud možno) navrhnout rozložení ovládacích prvků tak, aby ergonomicky vyhovovalo uchopení zařízení. Rozmístění ovládacích prvků je zobrazeno na obrázku 13. Rozmístění textových a



Obrázek 13 - rozmístění ovládacích prvků, zdroj: www.microsoft.com



Obrázek 13 - rozmístění prvků pro čtení, zdroj: www.microsoft.com

ostatních informačních prvků by mělo být přesně v pořadí dle obrázku 14.

Způsobů nejčastějšího uchopení zařízení je mnoho a není potřeba se jimi dopodrobna zabývat. Většina populace lidí na Zemi jsou praváci, ale je důležité při návrhu aplikace brát v potaz i pohodlí leváků při používání aplikace. K pohodlnému ovládání aplikace taky velice přispívá možnost zobrazení aplikace na celém displeji, což zabrání nechtěné interakci s okolními prvky.

3.4.3 Používané prvky

S nástupem použití prstu anebo „stylusu“ bylo potřeba upravit některé stávající prvky a navrhnout nové tak, aby jejich ovládání bylo pro uživatele co nejjednodušší. Klasickou chybou v návrhu prvků grafického rozhraní je operační systém Microsoft Windows Mobile 6, který používá klasického rozmístění standardních prvků uživatelského rozhraní. Výsledkem je nutnost vytváření složitých prvků rozhraní pro každou aplikaci nebo použití již navržených prvků třetích stran. Průkopníkem v návrhu dotykových prvků a kompaktního rozhraní je firma Apple se svým iOS, kde bylo kromě některých standardních prvků, jako jsou tlačítka, tabulky a podobně použito komponent. Seznam nově vytvořených komponent či přepracovaných starých (přizpůsobení velikosti a jejich obsahu) je následující:

- Tlačítka – tlačítka kromě textu navíc často obsahují ikonu, která doplňuje význam tlačítka
- Combo Box – tato komponenta prošla úpravou a nyní se nazývá spinner, ovšem stále slouží k rychlému výběru jedné z několika možností

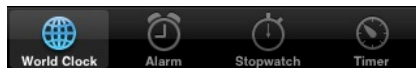
- Přepínače – existuje mnoho variant a jejich použití závisí na daném účelu
 - Check Box – klasická komponenta
 - Radio Button – klasická komponenta
 - Slider – nová komponenta sloužící pro zapínání a vypínání funkcí (on/off switch) nebo po nastavení hodnoty



Obrázek 14 – Slider [15]

- Záložky – aplikace již nejsou členěny na překrývající se okna, ale jednotlivá okna jsou začleněny v záložkách, které na sebe lze vrstvit. Pro přepínání mezi záložkami nejčastěji slouží:

- Tlačítka záložek
- Dotyková gesta – tahem zleva doprava nebo naopak se uživatel pohybuje mezi jednotlivými záložkami; k indikaci aktivní záložky slouží indikátor



Obrázek 15 - Tab Bar [15]



Obrázek 16 - Page Indicator [15]

4 Návrh aplikace

Tato kapitola se zabývá požadavky na aplikaci dle zadání práce, ale i z praktického pohledu specifického prostředí, ve kterém bude aplikace použita. Dále je zde uveden návrh grafického uživatelského rozhraní a práce s ním. Poslední podkapitola stručně popisuje použitý framework, jeho možnosti a schopnosti.

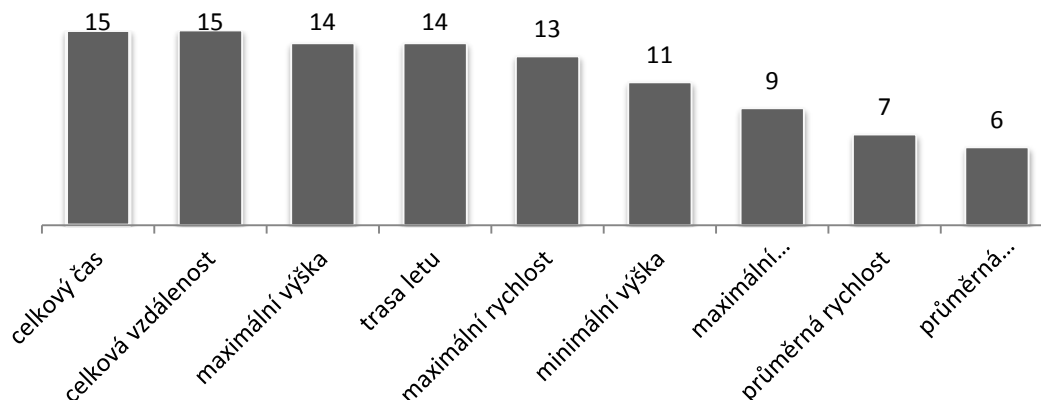
4.1 Požadavky na aplikaci

Primárním použitím navržené aplikace je usnadnění navigace při závodech v balónovém létání. Je to tedy naprosto jiný způsob navigace, než který se používá v dnes již velice rozšířených automobilových navigacích. V tomto speciálním odvětví navigace nás nezajímá za jak dlouho zahnout do leva (sklesat o sto padesát metrů níže), protože to ve své podstatě, jak bylo vysvětleno v kapitole 2, ani není možné. Proto je nejdůležitější podat potřebná data uživateli takovým způsobem, aby měl k dispozici bez větší nutnosti interakce s aplikací co nejpřehlednější a nejpřesnější informace potřebné ke zdárnému navedení na cíl. Důležitou roli při provádění manévru hrají zkušenosti pilota a případně i jeho navigátora, které jsou zde hlavním limitujícím faktorem.

Jednotlivé požadavky byly získány nejen z vlastních zkušeností získaných při účasti na několika balónových závodech po celém světě, ale i z dotazníku zpracovaném v práci pana Ondřeje Fabiána [16] jsou následující:

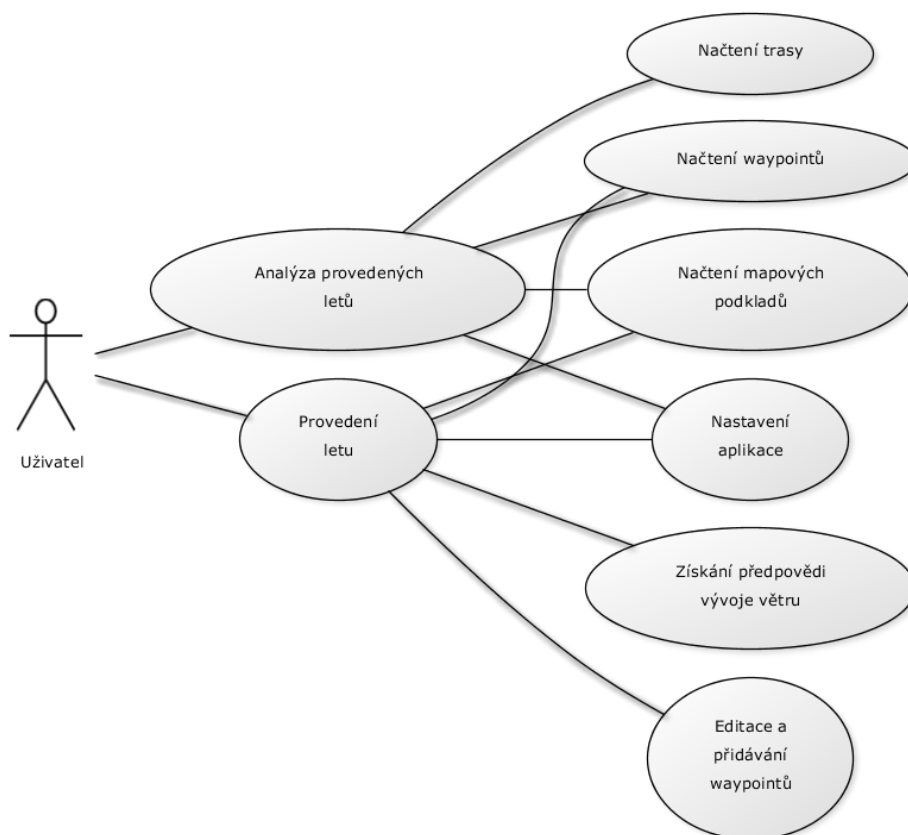
- Spolupráce s externím GPS zařízením
- Načítání, do jisté míry, standardních mapových podkladů, souborů tras a waypointů programu OziExplorer
- Poskytování aktuálních informací o letu
 - Horizontální rychlost (průměrná, maximální a aktuální)
 - Vertikální rychlost (průměrná a maximální)
 - Kurz
 - Výška (maximální a minimální)
 - Celkový čas letu a uletěná vzdálenost
- Poskytování informací o cíli
 - Vzdálenost od cíle
 - Odhadovaný zbývajících čas pro dosažení cíle
 - Kurz potřebný pro dosažení cíle
 - Předpověď odhodu markeru
- Zobrazení informací na mapovém podkladu
 - Waypointy
 - Trasa letu
 - Předpokládaná trasa letu při aktuálním kurzu
 - Navigační růžice na aktuální pozici
- Přehledné a grafické rozhraní optimalizované pro dotykové ovládání
- Statistické informace o letu a informace o předpovědi počasí
- Ukládání uživatelského nastavení programu

Dle dotazníku uvedeného výše, jsou požadavky na zobrazované informace o letu seřazeny na obrázku 18, kde je zobrazen graf odpovědí 15 pilotů horkovzdušných pilotů na otázku: “Které informace o provedeném letu vás zajímají?”. Je nutno podotknout, že dotazník se zaměřoval na všechny piloty a ne jen na skupinu pilotů se zaměřením na sportovní létání, proto na výsledky toho to dotazníku nebyl při návrhu aplikace brán příliš velký důraz, jelikož důležitost jednotlivých informací se dle účelu letu výrazně mění.



Obrázek 17 – požadavky pilotů na soubor informací

Dle těchto požadavků byl vytvořen use case diagram, ze kterého se vycházelo při návrhu aplikace. Uživatel může k aplikaci přistupovat ve dvou rolích, buďto za účelem provedení letu a nebo za účelem analýzy provedeného letu. Dle těchto rolí přístupu k aplikaci se mění i požadavky jak je vidět na obrázku 19.

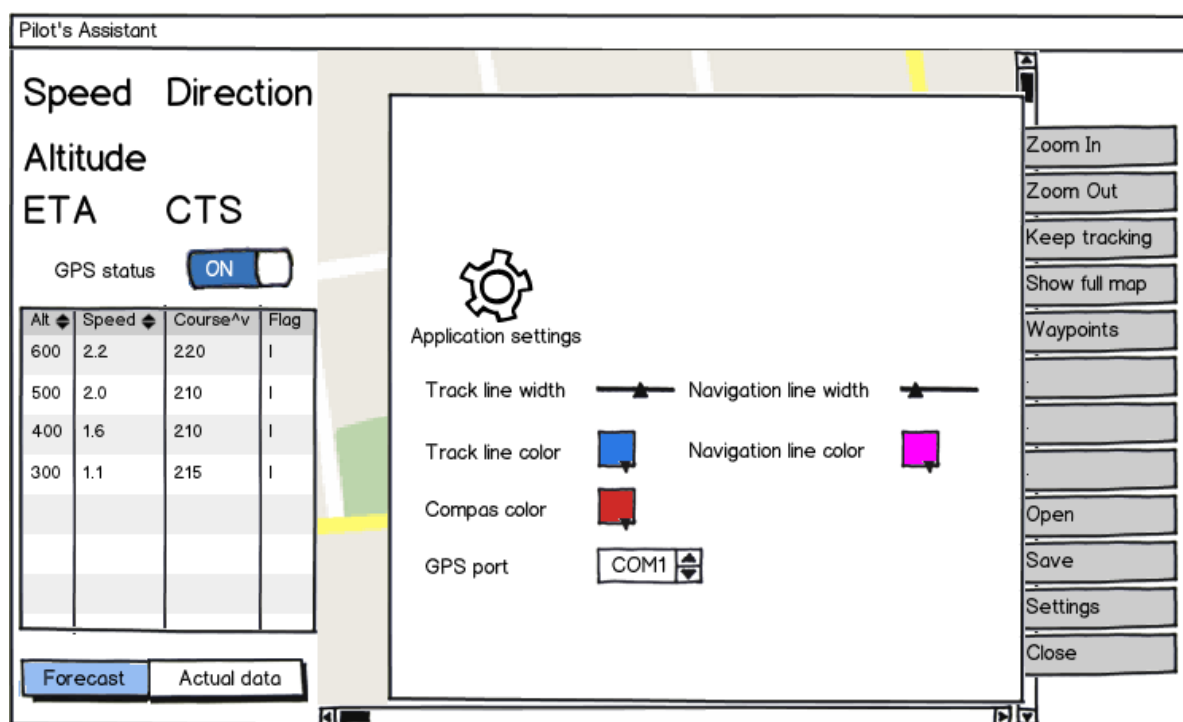


Obrázek 18 - use case diagram

4.2 Návrh grafického uživatelského rozhraní

Při návrhu grafického rozhraní bylo postupováno dle pravidel uvedených v kapitole 3.4. Jako framework bylo z mnoha důvodů uvedených v další kapitole zvoleno prostředí Nokia Qt, které bohužel ještě není ve verzi pro návrh desktopových aplikací plně vybaveno i prvky pro pohodlné dotykové ovládání, a tak jsou některé komponenty ve výsledné aplikaci nepříliš kompatibilní pro interakci použitím prstů.

Před začátkem vývoje aplikace byly tedy prostudovány návody, jak takovouto aplikaci navrhnout. Inspirací tomu byly různé navigační aplikace pro dotyková zařízení s tím, že potřebný návrh musel vyhovovat specifickým účelům pro použití v balónovém létání. Výsledný mockup návrh hlavního okna aplikace je vidět na obrázku 20 níže.



Obrázek 19 - Mockup návrh hlavního okna aplikace

Levá část okna aplikace slouží výhradně jako informační panel s výjimkou tlačítka zapínání a vypínání komunikace s GPS modulem. Horní část obsahuje informační prvky o aktuální rychlosti, výšce, kurzu a informacemi o cíli ETA (čas zbývající do cíle z angl. Estimated Time Of Arrival) a CTS (potřebný kurz na cíl z angl. Course To Steer) a dolní obsahuje tabulku zobrazující proudění větru v různých letových hladinách. Pod tabulkou se nachází ovládací prvky pro přepínání tabulky mezi zobrazením aktuálních větrných podmínek a předpovědi. Pravá část slouží jako hlavní menu aplikace a obsahuje záložky nastavení, práci se soubory a tlačítka pro ovládání mapy, tedy ty, které budou nejčastěji používány. Střední panel slouží především pro zobrazení mapy, ale interakcí s ovládacím menu je možné jej překrýt oknem pro nastavení aplikace a ostatními okny. Aplikace je tedy navržena dle kapitoly 3.4.2 s ohledem na praváky.

Jako barevné téma bylo vybráno černé pozadí s bílým textem, případně šedým textem v případě nutnosti zvýraznění nadpisů z důvodu nutnosti viditelnosti dat na displeji i v přímém slunci. Toto

barevné schéma by mělo vyhovovat i pro potřeby použití aplikace při nočních letech, protože světlo z displeje s bílým či jiným světlým pozadím by mohlo oslňovat pilota. Návrh vzhledu byl přizpůsoben třináctipalcovému displeji, jelikož poskytuje dostatečnou zobrazovací plochu pro veškeré navržené komponenty. Aplikaci by také neměl být problém přizpůsobit na menší a častější desetipalcové displeje u tabletů. Dle tohoto návrhu byly vytvořeny veškeré potřebné komponenty, které jsou popsány v následujících podkapitolách.

4.2.1 Informační panel

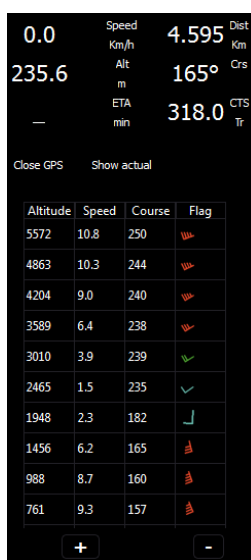
Výsledný návrh informačního panelu umístěného na pravé straně obrazovky aplikace (Obrázek 22) přehledně zobrazuje veškeré potřebné informace pro navigaci. Mimo informací navržených v předchozí kapitole byla navíc přidána komponenta pro zobrazení vzdálenosti od cíle. Mírně se liší i přepínání mezi tabulkou předpovědi a tabulkou aktuálního směru a rychlosti větrů, protože v návrhu byla opomenuta možnost změny intervalu letových hladin tabulky pro výpis výškových větrů (tabulky vypadají stejně, jen obsahují rozdílná data). Nyní může uživatel pomocí tlačítek pod tabulkou měnit tento interval, a tak detailně prostudovat stav aktuálního proudění větrů, což přispívá k lepšímu a preciznějšímu plánu letu a zároveň kladně ovlivňuje bezpečnost provedení celého letu od startu až po přistání. Poslední sloupec tabulky zobrazuje pro přehlednost standardní značky pro popis rychlosti a směru větru, jak je uvedeno v kapitole 2.5.

4.2.2 Dotykový navigační panel

Navigační panel umístěný na pravé straně obrazovky (Obrázek 23) byl oproti návrhu upraven pro pohodlnější a intuitivnější ovládání nahrazením textových tlačítek čtvercovými ikonami znázorňující funkci daného tlačítka. Odshora to jsou tedy funkce přiblížení a oddálení, funkce plynulého centrování mapy na aktuální polohu (tzv. Moving Map), zobrazení záložky pro editaci waypointů, zobrazení celého mapového podkladu, zobrazení menu nastavení, práce se soubory a jako poslední je ukončení aplikace.

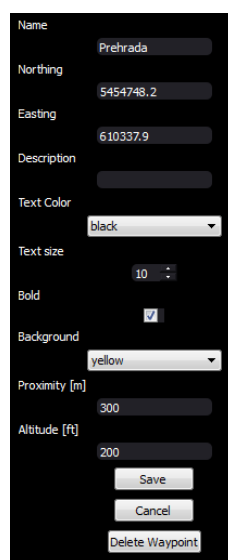
4.2.3 Editace waypointů

Po aktivaci tlačítka editace waypointů (s ikonou diagonální šipky ke kolečku) proběhne zúžení oblasti mapového podkladu a získané místo je z pravé strany nahrazeno tabulkou s waypointy a tlačítky



Altitude	Speed	Course	Flag
5572	10.8	250	🔴
4863	10.3	244	🔴
4204	9.0	240	🔴
3589	6.4	238	🔴
3010	3.9	239	🟢
2465	1.5	235	🟢
1948	2.3	182	🟢
1456	6.2	165	🔴
988	8.7	160	🔴
761	9.3	157	🔴

Obrázek 22 - informační panel



Name: Prehrada

Northing: 5454748.2

Easting: 610337.9

Description:

Text Color: black

Text size: 10

Bold: ☒

Background: yellow

Proximity [m]: 300

Altitude [ft]: 200

Buttons: Save, Cancel, Delete Waypoint

Obrázek 22 - Editace waypointu



Obrázek 22 - Hlavní menu

editaci a nastavení navigace k vybranému waypointu. Tabulka obsahuje tři sloupce – v prvním je zobrazeno ID waypointu, ve druhém jméno waypointu a ve třetím je vzdálenost waypointu od aktuální pozice, kde waypointy lze po kliknutí na sloupec hlavičky tabulky třídit dle těchto kategorií. Výběrem řádku s a kliknutím na tlačítko „Go to waypoint“ umístěné pod tabulkou aplikace započne navigaci (zobrazení navigační linie k cíli, výpočet dat pro informační panel apod.). Kliknutím na tlačítko „Add waypoint“ se místo stávajícího výsuvného menu s tabulkou všech waypointů zobrazí menu pro přidání a editaci waypointu (Obrázek 21). Toto menu se také zobrazí po dvojím kliknutí na vybraný sloupec tabulky s tím, že jsou do jednotlivých políček vyplněna veškerá data vybraného waypointu. Pro pohodlné dotykové ovládání by uživatel měl být co nejméně nucen vyplňovat formuláře, ovšem u některých položek je to nevyhnutelné. První a nejdůležitější políčka obsahují název waypointu a souřadnice bodu a to buďto ve formátu šířka-délka a nebo UTM podle aktuálního nastavení aplikace. Editace polohy, i když nepříliš přesná, je i klikáním na mapu, přičemž se bod na mapě ihned po kliknutí posune na vybrané místo. Dále následuje popis waypointu, který se ale u zobrazení na mapovém podkladu nezobrazuje a lze k němu přistupovat pouze přes menu editace waypointů. Pod popisem se vyskytují prvky pro nastavení barvy textu a pozadí waypointu a také velikost a tučnost fontu. Dále má uživatel možnost nastavit poloměr kruhu v metrech kolem waypointu na mapě, který je vyplněn diagonálními pruhy barvy dle nastavení aplikace. Tento kruh může sloužit k například za účelem varování pilota o farmách, zoologických zahradách a jiných místech, kde by mohlo dojít k plašení zvěře zvukem hořáku či jiným překážkám nebo zakázaným prostorům. Dalším užitím tohoto kruhu je vyznačení skórovacích oblastí při soutěžních letech, viz kapitola 2.4. Poslední možností editace waypointu je výška bodu nad hladinou moře, pro upřesnění varování předcházející editace. Posledními prvky jsou tlačítka pro uložení či zrušení změněných údajů daného bodu a také možnost bod smazat ze seznamu.

Pro ukončení práce s waypointy může uživatel kdykoli kliknout na stejnou ikonu, kterou aktivoval menu waypointů, a případná editace bodu je zrušena a oblast pro zobrazení mapových podkladů je rozšířena do původní velikosti.

4.2.4 Práce se soubory

Aktivováním menu pro práci se soubory, kliknutím na tlačítko s ikonou složek, je překresleno hlavní navigační menu novými tlačítky pro práci s podporovanými soubory. Jako první odshora je ikona pro otevření mapových podkladů. Jak bylo uvedeno dříve, aplikace spolupracuje s mapovými podklady aplikace OziExplorer, přičemž není schopna otevřít OziExplorer proprietární soubory mapových podklad s koncovkou .ozf, proto pro otevření mapy je použit pouze soubor .map a podkladový rastrový obrázek je načten poté, co jej uživatel vybere v souborovém systému. Po úspěšném načtení mapového podkladu jsou v hlavním menu aktivována tlačítka pro interakci s mapou a uživatel může opět přistoupit k menu pro práci se soubory a načíst soubor .wpt s předdefinovanými waypointy nebo soubor .plt s dříve prošlou trasou. Pokud by mapa nebyla načtena, aplikace otevření souborů nedovolí, jelikož nemá k dispozici data k určení polohy (v GPS souřadnicích) vzhledem k souřadnicovému systému grafické scény. Po načtení waypointu jsou všechny úspěšně načtené body zobrazeny jednak na mapovém podkladu, ale zároveň jsou načteny i do tabulky všech bodů v editačním menu waypointů (viz předcházející podkapitola). Načtením souborů s trasou je také trasa zobrazena na mapě a navíc jsou vypočítány informace o proudění větrů v jednotlivých letových hladinách a tyto informace jsou zobrazeny v tabulce aktuálních výškových větrů (respektive větrů v době načteného letu). Obě tato tlačítka mají podobnou ikonu jako ikona složky použitá v hlavním

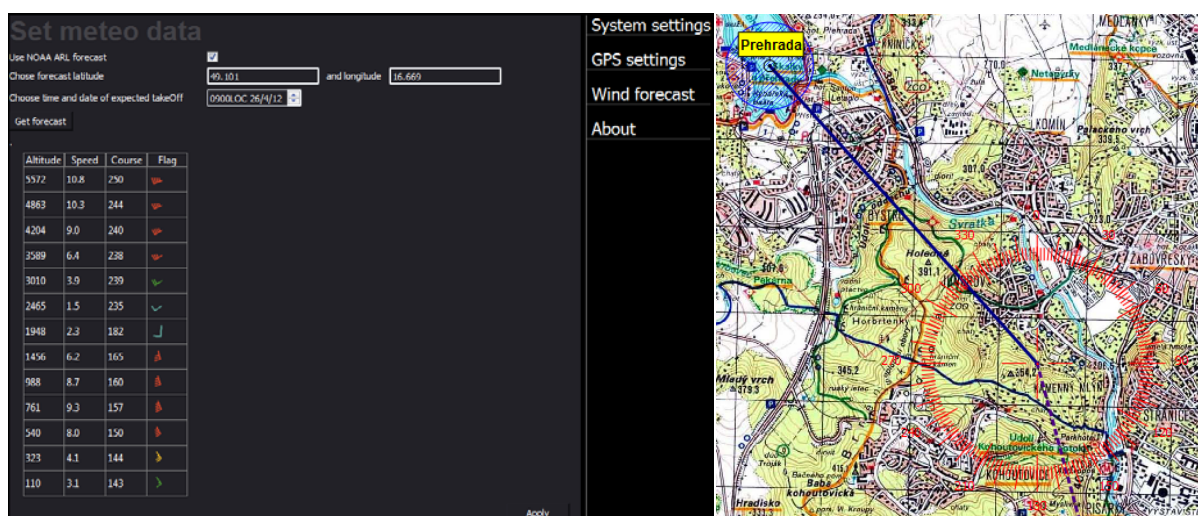
menu, pouze jsou doplněna o značku mapy a waypointu s trasou. Pokud ovšem již uživatel dříve načetl mapu, trasu a nebo waypointy, je po kliknutí na jakýkoli z předcházejících tlačítek varován, aby zvážil, zda chce v otvírání nového souboru pokračovat, jelikož by mohl přijít o neuložená data. Následující dvě tlačítka slouží pro ukládání trasového souboru a souboru s waypointy na disk. Obě tlačítka používají jako hlavní ikonu obrázek diskety, na který jsou uživatelé ještě stále zvyklí, doplněnou o trasu či symbol waypointu. Po jejich aktivaci je uživatel klasicky vyzván k určení místa a názvu pro uložení v souborovém systému a data jsou uložena. Posledním tlačítkem je tlačítko pro návrat do hlavního navigačního menu se stejnou ikonou jako tlačítko pro ukončení celé aplikace v hlavním menu.

4.2.5 Nastavení aplikace

Menu nastavení aplikace, přístupné po kliknutí na tlačítko s ikonou nářadí v hlavním menu, při zobrazení překrývá celou plochu aplikace, kromě hlavního menu. V pravé části se vyskytuje menu pro přepínání mezi jednotlivými záložkami nastavení. Prozatím je možné měnit systémové nastavení aplikace, GPS zařízení, tedy nastavení komunikace, a správu předpovědi větrného výstupu. Poslední záložka slouží pouze pro poskytnutí informací o aplikaci.

V systémovém nastavení je možné nastavit zobrazení aplikace v režimu celé obrazovky a formát souřadnic. Obě tyto volby jsou realizovány klasickým checkboxem s příslušným popisem. U možnosti formátu souřadnic je při zatržení použito souřadnic ve formátu UTM, při prázdném checkboxu je použito souřadnic ve formátu dd.mmmmm°. Dále může uživatel nastavit barvu grafického téma jednotlivých komponent zobrazovaných na mapě (viz dále). K tomu je použito upraveného combo boxu, který po kliknutí zobrazí seznam několika vybraných barev v textové ale i grafické podobě na stejném řádku. Tímto způsobem uživatel volí nastavení barvy kompasu okolo aktuální polohy, proletěné trasy, kružnice přiblížení kolem waypointů, navigační linii aktuálního kurzu a linii mezi aktuální polohou a bodem zvoleným, tedy zamýšleným cílem.

V nastavení komunikace s GPS zařízením uživatel volí pouze port. Pokročilý uživatel může měnit i nastavení baud rate, paritu a stop bity. Veškeré nastavení v této záložce je kontrolováno opět pomocí checkboxů.



Obrázek 24 - získání výstupu výškových větrů

Obrázek 24 - mapový podklad s ukázkou všech prvků

Záložka „*Wind Forecast*“, tedy předpověď větru v různých letových hladinách (Obrázek 24), obsahuje jako první prvek checkbox, kterým uživatel volí, zda bude používat předpověď staženou ze serveru NOAA ARL (kapitola 2.5) nebo sám zadá výškový výstup ze speciálního zařízení. Pokud uživatel nechá checkbox zaškrtnutý, následují políčka pro vyplnění GPS souřadnic ve formátu dd.mmmmm, tedy oblast, pro kterou bude předpověď stažena. Předpovědní model má omezenou přesnost a navíc let se většinou uskuteční na větší ploše než pár kilometrů čtverečních, proto jsou souřadnice vždy po odeslání zaokrouhleny na tři desetinná místa. Dále uživatel musí vybrat čas plánovaného startu, nebo přibližně hodinu dne, kdy se bude let konat, v čase místního časového pásma. Po kliknutí na tlačítko „*Get forecast*“ započne komunikace se serverem a na pozadí proběhne několik operací pro vyplnění webového formuláře a uživatel je vyzván pouze pro zadání kontrolního captcha kódu. Pokud je kód opsán správně, získaná a zpracovaná data jsou uživateli podána ve formě stejné tabulky, která slouží pro zobrazení aktuálních větrných podmínek v levém informačním panelu. Následuje pouze nutný souhlas uživatele s použitím získané předpovědi a data jsou odeslána do informačního panelu. Pokud uživatel checkbox odškrtně, místo právě popsaných komponent je zobrazena již zmíněná tabulka s větry a klasický spin box pro přednastavení výškových intervalů naměřených větrů. Poté může uživatel jednoduchým vyplněním tabulky a kliknutím na tlačítko „*Apply*“ zaslat naměřená data do informačního panelu.

4.2.6 Grafická scéna mapy

Tento prvek uživatelského rozhraní (Obrázek 25) pokrývá největší část okna aplikace a to z jasného důvodu, aby měl uživatel co nejlepší přehled o aktuální poloze, proletěné trase, bodech na mapě a dalších důležitých navigačních prvcích. Po načtení mapy je celá plocha vyplněna mapovým podkladem a případně jsou zobrazeny i načtené waypointy nebo prošlá trasa. Celá scéna obsahuje tedy následující prvky:

- Mapový podklad – obsahuje pouze načtený rastrový obrázek
- Aktuální poloha – zobrazena pomocí tzv. navigační růžice s kompasem orientovaným na sever a křížem uprostřed kruhu kompasu zpřesňujícího aktuální polohu
- Trasa – prošlá (proletěná) trasa zobrazena tlustou spojitou čarou barvy dle nastavení aplikace
- Waypointy – všechny a nebo waypointy v daném výběru dle okna, přesný bod zobrazují koncentrické kruhy umístěné pod štítkem waypointu spojeným tenkou úsečkou obsahujícím jméno daného bodu; každý štítek je v barvách určených v jeho nastavení
- Trasa dle aktuálního kurzu – čárkovaná spojnice (s barvou dle nastavení aplikace) aktuální polohy a konce pokrytí načtené mapy pod úhlem určeným aktuálním kurzem
- Trasa k cíli – plná spojnice (s barvou dle nastavení aplikace) aktuální polohy a vybraného waypointu jako cíle

4.3 Použitý framework

Jako framework pro aplikaci byla zvolena jedna z nejpoužívanějších multiplatformních knihoven pro vytváření programů s grafickým uživatelským rozhraním, knihovna Qt od společnosti Nokia. Velkou vahou pro výběr právě tohoto frameworku bylo nejen dostupné fórum s množstvím návodů a tutoriálů, ale i mnoho dalších knihoven používajících Qt, bez kterých by vývoj aplikace výrazně prodloužil a zkomplikoval. Mezi některé takovéto knihovny patří i použitá knihovna QExtSerialPort pro komunikaci se sériovými porty na různých platformách. Jelikož cílem bylo navrhnout aplikaci s grafickým dotykovým rozhraním, bylo potřeba se soustředit i na případný port aplikace i na používanější platformy než MS Windows, pod kterým celý vývoj probíhal, a který zatím nevládne trhu s tablety, jako je třeba Apple iOS či Google Android. A právě pro tyto platformy existují projekty, bohužel zatím pouze v raných verzích, které se snaží o nasazení Qt i na tato zařízení. Pro Android se takový projekt jmenuje Necessitas, k nalezení na [17], a podle všech znaků se na tomto projektu neustále pracuje. Bohužel projekt pro port Qt na přístroje firmy Apple již podobnou aktivitu nevykazuje. Nevýhodou pro obě platformy je, že využívají svých vlastních online obchodů jako jediný oficiální zdroj aplikací, což nainstalování aplikace vyvinuté v Qt na tato zařízení značně stěžuje.

5 Implementace

V této kapitole bude popsán způsob implementace celé aplikace. Detailně se budu věnovat jednotlivým navrženým komponentům a jejich vzájemné komunikaci, práci se soubory, komunikaci s externím GPS zařízením a dalším důležitým funkcím aplikace.

5.1 Představení použitých widgetů

Dle návrhového vzoru frameworku Qt se každá aplikace skládá z tzv. widgetů, tedy prvků rozhraní nebo také objektů. Při vývoji aplikace bylo dle předchozího návrhu použito několika standardních widgetů Qt, ty ovšem popisovat není třeba. Mnohem zajímavější je popis na míru vytvořených widgetů a jejich vzájemné komunikace a způsobu předávání dat. Grafické rozhraní aplikace je tedy rozděleno na několik částí, jak je vidět v kapitole 4.2. Hlavní třídou aplikace je *QApplication*, což je vlastně hlavní smyčka, ve které jsou spravovány veškeré události hlavního okna a ostatních zdrojů. Stará se také o inicializaci a ukončení celé aplikace, poskytuje správu jednotlivých sezení, poskytuje lokalizaci textových řetězců a mnoho dalšího. Každá GUI aplikace (aplikace s grafickým uživatelským rozhraním, z angl. Graphical User Interface) musí obsahovat přesně jeden objekt třídy *QApplication* přičemž nezáleží na tom, kolik oken daná aplikace má. Vytvořená aplikace má jako hlavní okno objekt typu *QMainWindow*, který byl dle potřeb upraven a rozdělen na několik částí dle potřeb navržené aplikace. Pro rozložení prvku v hlavním okně bylo použito rozložení *QBoxLayout*, tedy rozložení, které umožňuje horizontální či vertikální uspořádání widgetů. Zde bylo použito horizontálního rozložení s tříděním vložených widgetů zleva doprava a následně byly postupně vloženy widgety informačního panelu (*navigationWidget*, Obrázek 23), mapového podkladu (*QGraphicsScene* a upravený *QGraphicsView*, *view*, Obrázek 25), editace waypointů (*wptWidget*, Obrázek 23), záložky nastavení aplikace (*settingsWidget*, Obrázek 24) a jako poslední je widget hlavního menu (*touchGroupBox*, Obrázek 23), přičemž viditelnost jednotlivých widgetů závisí na aktuálním stavu aplikace. Vzhled jednotlivých komponent lze v Qt měnit velice jednoduše voláním metody *setStyleSheet* daného objektu s parametrem řetězcem kaskádového stylu. Navíc se toto nastavení dědí od rodičů, takže barva pozadí je nastavena pouze u *mainWindow* a všechny ostatní widgety ji automaticky zdědily při inicializaci.

Uvedené widgety obsahují většinou standardní komponenty Qt upraveny tak, aby interakce s nimi pomocí dotyku byla pokud možno co nejjednodušší. Některé widgety ale nevyhovovaly tomuto stylu nebo bylo příliš složité a nepraktické je upravovat, takže byly raději vytvořeny nové. Mezi takovéto nové prvky patří například widget *colorPicker* pro výběr barvy použitý v *settingsWidget*. Platforma Qt poskytuje pro výběr barvy pouze složitý *QColorDialog*, který sice poskytuje uživateli větší možnosti při výběru barvy, ale způsob, jakým je výběr proveden je velice zdoluhavý a nehledí se u něj dotykové ovládání, což má za následek velice nepřesný a zdoluhavý výběr barvy. Widget *colorPicker* je tedy vlastně klasický combo box, upravený tak, aby při inicializaci načtl některé základní barvy Qt, jejich odpovídajícími textovými hodnotami naplnil své řádky a připojil k nim i obdélník vyplněný danou barvou. Uživatel tak může jednoduše a rychle nastavit chtěnou barvu. Námitkou by mohlo být omezení výběru barvy, což však pro specifické použití této aplikace bohatě stačí. Navíc i zmíněný OziExplorer používá ještě stručnější seznam možných barevných kombinací, ale i ten bohatě vystačuje. Tyto barvy jsou využity při zobrazování dalších na míru vytvořených widgetů. Mezi první patří waypoint na mapě, implementovaný v třídě *wptItem*. Tento widget při

vytvoření umístěn do grafické scény hlavního okna, *QGraphicsScene*, a o jeho vykreslování se stará již zmíněný *view*. *WptItem* má jako svého rodiče z důvodu jednoduché komunikace nastaveno hlavní okno, a tak jednoduše zašle např. signál o kliknutí pravým tlačítkem myši hlavnímu oknu, které otevře menu waypointu pro editaci. Dalším prvkem je *navRose*, který dědí ze třídy *QGraphicsItem*, podobně jako zmíněný *wptItem*. Při vytváření těchto widgetů bylo důležité správně implementovat metodu *boundingRect*, kterou využívá zmíněný *view* pro detekci, zda má být widget překreslen či nikoli.

Jak ale jednotlivé widgety mezi sebou komunikují? Ve frameworku Qt jsou k tomuto účelu v GUI aplikacích použity signály a sloty. Signál je vyslán po akci uživatele danému objektu, kde je vykonána daná funkce, tedy slot. Widgety frameworku Qt mají mnoho předdefinovaných signálů (např. *clicked*, *pressed*, *released* a *toggled* widgetu *QPushButton*), ale pomocí metody *connect* každého widgetu je velice jednoduché chování a reakce přizpůsobit dle potřeby. Například po zjištění nových dat na portu pro komunikaci s GPS zařízením, je volána funkce *onDataAvailable* hlavního okna následovně:

```
connect(COMport, SIGNAL(readyRead()), this, SLOT(onDataAvailable()));
```

Kde *COMport* je objekt typu *QExtSerialPort*, který pokud ve své hlavní smyčce zjistí dostupná data na daném portu, vyšle signál *readyRead*, který je takto v hlavním okně propojen s metodou *onDataAvailable*. Dalším příkladem použití signálů a slotů je detekce kliknutí na mapový podklad:

```
connect(this, SIGNAL(mouseClicked()), this->parent(), SLOT(ViewMouseClicked()));
```

Kdy je naopak po indikaci kliknutí na *view* volán slot *ViewMouseClicked* rodiče, v tomto případě *mainWindow*, a jsou provedeny akce dle stavu aplikace – vytvoření nového waypointu na mapovém podkladu nebo upravení polohy stávajícího bodu a s tím spojená úprava dat v menu editace waypointu. Pokud ovšem chceme při akci uživatele předat i nějaké informace (často třeba souřadnice kliknutí), je nutné signál a slot deklarovat odpovídajícím způsobem tak, aby souhlasil typ i počet parametrů slotu a signálu. Například kliknutím na tlačítko navigace ke zvolenému waypointu je volána metoda *navigateTo* třídy *mainWindow* s identifikátorem daného waypointu následovně:

```
connect(this, SIGNAL(navigateTo(int)), this->parent(), SLOT(navigateTo(int)));
```

Přičemž signál musí být správně deklarován v hlavičkovém souboru *wptListWidget*:

```
signals:
    void navigateTo(int id);
```

A odpovídající slot v hlavičkovém souboru *mainWindow*:

```
public slots:
    void navigateTo(int id);
```

5.2 Práce se soubory

Jak je uvedeno v kapitole 3.3, používané souborové formáty jsou většinou textové, kromě proprietárních souborů mapových podkladů aplikace OziExplorer. Pro práci s těmito soubory byla použita multiplatformní knihovna Swampex, která zvládne tyto soubory otevřít a získat z nich obrazová data. Bohužel se na knihovně již aktivně nepracuje a při testování byly zjištěny různé

problémy při načítání těchto souborů, takže je z knihovny použita pouze část, která slouží pro načtení informací ze souboru .map a pro další práci s mapou. Pokud tedy uživatel otevře soubor .map, kde je jako mapový podklad uveden soubor s koncovkou .ozf, je vyzván k otevření odpovídajícího rastrového souboru.

Jednou z nejdůležitějších částí aplikace je převod mezi souřadnicemi rastrového obrázku a světovými GPS souřadnicemi. K tomu se používá teorie transformace mezi souřadnými systémy, nejčastěji afinní transformace. Problém ovšem nastává při spojení s různými světovými formáty souřadnicových systémů pro určení polohy na zemi. Těch je totiž nepřeberné množství a používají několik od sebe se lišících geoidů (viz kapitola 3.1). Například souřadnice bodu $A(x,y)$ na rastru budou v globálním systému odpovídat bodu $B(x',y')$ zadanému ve formátu jiném než WGS84, který používá výsledná aplikace, který by mohl používat jiný referenční elipsoid. Proto bylo i k tomuto účelu použito knihovny *swampex*, která poskytuje metody pro převod ze souřadnicového systému rastrového obrázku do globálního souřadnicového systému různých formátů a naopak. Další výhodou knihovny je, že u načtených mapových podkladů poskytuje hodnotu MPP (z angl. meters per pixel), čehož bylo využito při vykreslování kruhu přiblížení kolem waypointů, kde je poloměr v souboru zadán v metrech, ovšem pro vykreslení na scénu je potřeba znát poloměr v pixelech.

O práci s waypointy a prošlou trasou se stará třída *wptContainer*, která poskytuje veškeré informace o načtených waypointech a prošlých bodech a zároveň je ukládá do zadaných souborů ve formátech popsaných v kapitole 3.3.

5.3 Komunikace s GPS zařízením

Aplikace byla vyvíjena na přenosném počítači s operačním systémem Microsoft Windows 7 bez zabudovaného GPS modulu. Externí GPS moduly komunikují buďto bezdrátově, nejčastěji přes rozhraní Bluetooth, anebo drátově přes rozhraní USB. Jelikož implementace těchto komunikačních technologií by byla poměrně zdlouhavá, bylo navrženo použít aplikace třetí strany pro virtualizaci rozhraní připojeného GPS modulu na standardní COM port. K tomuto účelu bylo využito aplikace Franson GpsGate [18], která je přímo navržena pro virtualizaci GPS zařízení a podporuje i množství specifických komunikačních protokolů různých výrobců (např. Garmin USB), ze kterých umí extrahovat potřebné NMEA věty. V aplikaci GpsGate je potřeba správně nastavit způsob komunikace s připojeným zařízením a vybrat virtualizovaný výstupní COM port.

V aplikaci je pro komunikaci s COM portem použito multiplatformní knihovny *QExtSerialPort* navržené přímo pro Qt, která je schopna pracovat ve dvou režimech. Prvním je metoda vyzývání, kdy je nutné se programově dotazovat, zda jsou na portu nepřechtená data a případně si je vyzvednout. Druhým způsobem, který byl použit v aplikaci, je komunikace na základě událostí, kdy třída *QExtSerialPort* při dostupných datech na portu vysílá signál *readyRead*. V aplikaci pak stačí propojit tento signál s odpovídajícím slotem a data z portu přečíst a zpracovat.

Data z GPS zařízení se tedy na portu objevují ve standardizovaném textovém formátu NMEA, který poskytuje veškeré informace o poloze, rychlosti, kvalitě příjmu signálu z družic a dalších. Pro zjednodušení bylo i pro zpracování NMEA vět použito knihovny třetí strany a to multiplatformní knihovny NMEALib [19].

Ve výsledku se tedy data z GPS modulu přenášejí na virtualizovaný COM port, kde je aplikace načte pomocí *QExtSerialPort* a předá je na zpracování NMEAlib. NMEAlib uchovává získané informace v přehledných strukturách, odkud se již po zmíněném signálu *readyRead* a odpovídajícím slotu *onDataAvailable* třídy hlavního okna *mainWindow* informace přenáší k uživateli v textové i grafické podobě.

5.4 Další funkce aplikace

V následující části budou popsány další funkce aplikace, které nejsou klíčovou součástí aplikace, ale doplňují ji jako celek.

5.4.1 Nastavení aplikace

Nedílnou součástí každé aplikace je i určitá možnost přizpůsobení aplikace dle potřeb uživatele a její nastavení k zajištění správné funkcionality. Zde bylo k ukládání uživatelsky definovaných hodnot použito třídy *QSettings* dostupné přímo v jádru balíku Qt. Jelikož různé operační systémy ukládají uživatelská nastavení aplikací rozdílně, bylo pro ukládání nastavení zvoleno defaultní nastavení a data se tedy ukládají např. na Microsoft Windows do systémových registrů, konkrétně do `HKEY_CURRENT_USER\Software\Pilot's Assistant\www.fit.vubr.cz`

V aplikaci je možno nastavit dvě kategorie. První jsou systémová data, mezi která patří například barvy prošlé trasy, barva kruhu vyplnění kruhu přiblížení, barva navigační růžice apod., ale také i zda má aplikace používat formát UTM nebo formát šířka-délka pro zobrazení souřadnic. Druhá kategorie je určena pro uložení nastavení pro komunikaci s GPS zařízením, přesněji nastavení COM portu. Konkrétně se jedná o baud rate, paritu, stop bit a vybraný port. Je ovšem doporučeno nechat hodnoty dle defaultního nastavení, tedy baud rate 4800, parity PAR_EVEN, stop bit 2 a port dle nastavení virtuálního portu.

5.4.2 Získání předpovědi

Velkou výhodou této aplikace oproti ostatním používaným aplikacím v tomto odvětví je možnost stažení online předpovědi ze serveru NOAA ARL jenž poskytuje data z předpovědního modelu pro celý svět. Tuto předpověď je v aplikaci možné získat v menu nastavení pod menu „*Wind forecast*“. Jelikož server poskytuje data na základě session id prohlížeče a ověřovacího captcha kódu, bylo využito další komponenty *QWebView*, což je prohlížeč internetových stránek frameworku, Qt a konečného stavového automatu pro získání dat ze serveru. Postupně jsou komponentě *QWebView* předány informace o zeměpisné poloze (v nastavení aplikace jsou předvyplněné souřadnice pro Brno), předpokládaný čas letu (vzhledem k možnostem předpovědního modelu limitováno na aktuální čas plus tři dny) a získaný captcha kód, který uživatel musí opsat a následně je získána tabulka ve formátu jak lze vidět na obrázku 26. Jelikož předpovědní výpočetní model nepočítá s nadmořskými výškami, ale vzhledem ke složitosti s výškami vyjádřenými v tlaku (konkrétně v milibarech), je pro potřeby aplikace a také přehlednosti zobrazených dat nutné výšky v milibarech převést na výšku nad mořem, kterou používají i GPS zařízení.

K tomuto převodu je použita následující formule (zdroj [20]):

$$h_{alt} = \left(1 - \left(\frac{p_{sta}}{1013.25}\right)^{0.190284}\right) \cdot 145366.45$$

Kde p_{sta} je získaný tlak v milibarech (mb). Získaná výška h_{alt} je ve stopách a je tedy nutné ji vynásobit číslem 0.3048 pro získání výšky v metrech. Převod výšky je poněkud zjednodušen a tak nebude převod naprosto přesný, jelikož tlak v bodu na zemi závisí i na okolní teplotě a nasycenosti vzduchu vodou, ale zároveň bohatě vystačuje pro účely této aplikace, jelikož předpovědní data slouží pouze pro představu o proudění vzduchu v jednotlivých vrstvách.

Získané rychlosti převedené na metry za sekundu a směry větrů ve vypočítaných výškách jsou následně zobrazeny v tabulce a zaslány hlavnímu oknu, respektive oknu pro zobrazení informací o letu.

```
hysplit.t06z.gfsf
Latitude: 49.10 Longitude: 16.67 &
DATA INITIAL TIME: 03 MAY 2012 06Z&
CALCULATION STARTED AT: 03 MAY 2012 06Z&
HOURS OF CALCULATION: 6 &

WIND DIRECTION @ WIND SPEED (DEG/KNOTS)
FHR: + 0. + 3. + 6.

20.mb 144@005 142@004 141@006
50.mb 128@001 167@001 240@003
100.mb 258@006 233@009 234@013
150.mb 213@010 218@012 218@013
200.mb 177@015 182@018 184@019
250.mb 184@011 168@018 166@023
300.mb 189@013 184@018 174@019
350.mb 164@014 165@014 160@015
400.mb 158@016 165@013 160@014
450.mb 158@015 170@012 166@012
500.mb 155@012 165@011 170@011
550.mb 152@010 156@010 172@011
600.mb 147@006 140@009 164@011
650.mb 141@004 136@009 161@011
700.mb 155@005 147@009 163@011
750.mb 162@007 154@010 160@010
800.mb 157@007 153@009 156@008
850.mb 150@006 160@006 216@001
900.mb 192@005 268@006 289@007
925.mb 228@007 278@010 286@008
950.mb 242@009 275@009 283@008
975.mb 247@008 273@007 276@007
1000.mb 248@008 273@007 276@007
```

Obrázek 25 - textový výstup, zdroj: [5]

5.4.3 Výpočet aktuálních výškových větrů

K výpočtu aktuálního směru a rychlosti větrů v různých nadmořských výškách slouží data poskytovaná GPS zařízením. Aplikace ukládá ke každému zaznamenanému bodu výšku, rychlost a směr mezi posledním zaznamenaným bodem a aktuálním a při každém dvacátém bodu jsou všechny informace znovu přehodnoceny. Výpočet se provádí aritmetickým průměrem rychlostí a směrů po intervalech určeném uživatelem (možno měnit tlačítky pod tabulkou) ve slotu *onDataAvailable*. Pro zpřesnění výsledku jsou ignorovány souřadnice, mezi kterými je vertikální rychlost větší než dva metry za sekundu, jelikož se při takovýchto rychlostech změny větrů projevují až po delší době. Například při takovémto stoupání se z pohledu GPS zařízení (a tedy i aplikace) vítr začne měnit v daleko větší výšce než ve skutečnosti, přičemž opět závisí na tvaru balónu a na velikosti změně rychlosti a směru větru.

6 Vyhodnocení

Tato kapitola souhrnně hodnotí výstupní aplikaci z několika hledisek. V první části je popsáno, jak se aplikace chovala při nasazení v reálném provozu. V druhé kapitole je vyhodnocen dotazník, který byl předložen pilotům účastnících se balónových soutěží. Na základě tohoto dotazníku a subjektivních poznatků při testování je v poslední podkapitole popsán další možný vývoj aplikace a srovnání aplikace v současném stavu s podobnými existujícími aplikacemi na různých platformách.

6.1 Testování

Navržená aplikace byla testována jak online, tedy přímo za letu, tak offline na datech zaznamenaných při testovacím letu. Finální testovací let byl proveden dne 8. 5. 2012 a veškerá zaznamenaná data (trasa, waypointy i krátké video) jsou k nalezení na přiloženém CD. Bohužel při testovacím letu změna směru a rychlosti větru s měnící se výškou nebyla příliš výrazná a navíc se stažená předpověď velice lišila v rychlosti větru, takže pro offline zhodnocení budou použita data pořízená aplikací OziExplorer z letu na Mistrovství ČR 2011.

6.1.1 Online testování

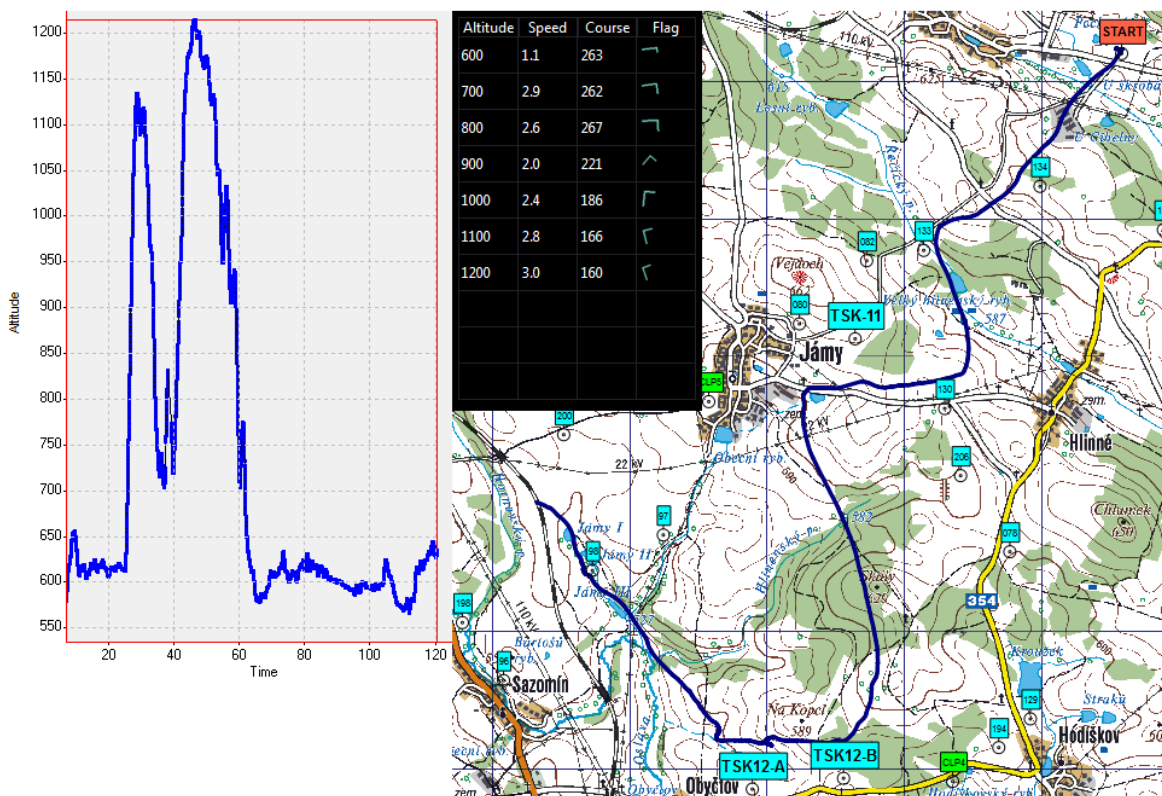
Při online testování, tedy při testování výsledné aplikace při reálném provozu, byla nejdříve stažena předpověď pro danou oblast a následoval přesun na místo startu. Aplikace byla spuštěna až po pár minutách letu, takže samotný start zaznamenan není. Nutno poznamenat, že se nejednalo o soutěžní let, ale o vyhlídkový, takže zvolené cíle byly pouze odhadnuty.

Za první cíl bylo zvoleno předpokládané místo přistání naplánované před startem. Předpověď se ale velice lišila od aktuální povětrnostní situace a tak byl vybrán nový cíl a to vesnice Hvozdec. Díky informacím přehledně podaných navrženou aplikací se přelet vesnice Hvozdec podařil, jak je vidět na záznamu letu na přiloženém CD.

6.1.2 Offline testování

Let z Mistrovství ČR byl vybrán pro zpětnou analýzu z několika důvodů. Za prvé je zde velice patrná změna směru letu s rostoucí výškou a za druhé se jedná o ukázkový případ ze závodního letu. Na obrázku 27 je modrou čarou vyznačena trasa letu od červeného bodu Start směřující na jih. Na levé straně obrázku je zobrazen graf trajektorie letu ve vztahu nadmořské výšky v metrech vzhledem k době letu. Napravo od grafu je na černém pozadí graf z aplikace znázorňující směr a rychlost větru vzhledem k nadmořské výšce.

Po staru balónu byl v přízemní výšce směr větru na jihozápad. Po dvacáté minutě letu je vidět razantní stoupání až do výšky 1100 m, kde se směr výrazně mění na jihovýchod (první zatáčka téměř o 90°) poté následuje sklesání na výšku kolem 700 m, kde je směr větru na západ. Poté se situace opakuje až do bodu, kdy se čára trasy přibližuje k bodům TSK12-A a TSK12-B. Zde proběhla razantní změna přízemního větru kvůli aktivitě slunce (čas cca 5:30 ráno tedy téměř hodinu po východu slunce) a balón pokračoval na severovýchod.



Obrázek 26 - Zpětná analýza provedeného letu

Popsané směry větru jsou tabulce viditelné především ve vyšších výškách, jelikož v nižších hladinách byl směr po startu téměř o 90° jiný než před přistáním a tak jsou tyto hodnoty v tabulce zprůměrovány.

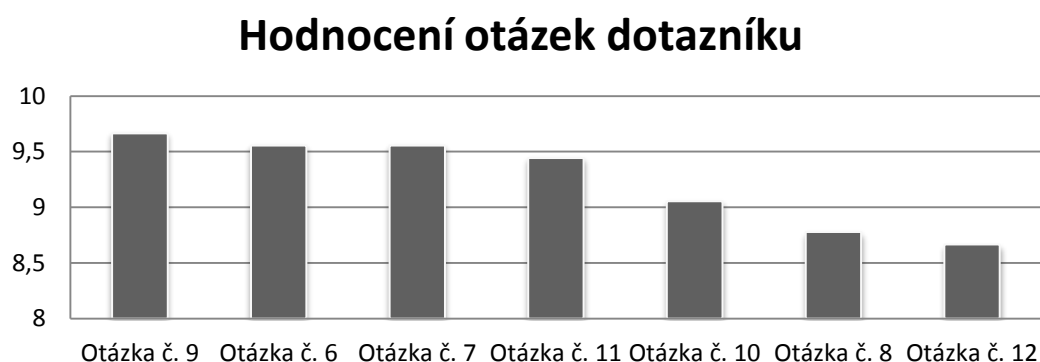
6.2 Dotazník

Součástí každého návrhu aplikace a její implementace by mělo být i zjištění názoru cílových uživatelů na výsledný produkt. K tomuto účelu byl vytvořen jednoduchý anonymní dotazník (viz příloha č. 2), který byl předložen několika pilotům horkovzdušných balónů účastnících se balónových závodů po vyzkoušení práce s aplikací buďto přímo při letu, nebo při simulaci letu na zemi. Dotazník je rozdělen do dvou částí, kdy v první části je uživatel tázán k vyplnění obecných informací o svých zkušenostech s pilotováním, počítačové gramotnosti a zda k navigaci při letu používají přenosný počítač či tablet a případně i s jakým operačním systémem. Druhá část dotazníku je zaměřena na subjektivní pocity z ovládání navržené aplikace. Dotazování na otázky stylu “Jak pohodlné pro Vás bylo přizpůsobení aplikace?” měli za úkol odpovídat hodnocením na stupnici od nuly do desíti, kdy nula znamenala “divné, nepohodlné” a desítka “jednoduché, přehledné”.

První část dotazníku měla za cíl zjistit jednak odbornost dotazovaných a zároveň i jakou platformu pro navigaci používají nebo plánují používat. Odbornost pilotů byla zjišťována za účelem zjištění váhy jejich odpovědi systémem počtu nalétaných hodin a počtu závodů, kterých se zúčastnili. Odpovědím pilota, který se účastnil například pouze dvou závodů, nebyla dána taková váha jako pilotům s náletem více jak 1 000 hodin a s více než dvaceti účastmi na soutěžích. Z celkového počtu devíti dotázaných bylo zastoupeno nejvíce začínajících soutěžních pilotů, jeden středně zkušený pilot a tři velice zkušené piloty s účastí na více než 20 závodech a více než tisíci nalétanými hodinami. Zajímavým zjištěním bylo, že dotazovaní nejčastěji používají laptop s operačním systémem MS

Windows, ale značná část plánuje pořízení tabletu a to většinou s operačním systémem Google Android, a tedy plánované portování aplikace na tuto platformu by se mohlo setkat s úspěchem.

Druhá část dotazníku měla mimo jiné za úkol zjistit největší slabiny navržené aplikace. Hodnocení jednotlivých otázek proto bylo napříč všemi vyplněnými dotazníky pro statistické účely zprůměrováno a celkový výsledek je zobrazen na obrázku 8. Je důležité podotknout, že zkušenosti respondentů zde nejsou brány v potaz, ale i tak je výsledné hodnocení jednotlivých částí aplikace průkazné. Většina dotazovaných vyplnila i poslední část dotazníku, kde byl ponechán prostor pro poznámky. Mezi nejčastěji zmiňované nedostatky byly chybějící funkce pro měření vzdálenosti a směru nejen mezi uživatelsky zadanými body, ale i zadanými waypointy a barevné provedení tabulky waypointů a editace waypointu, kdy na displeji, na který svítilo slunce, nebyly tmavě šedé položky na černém pozadí dobře viditelné. Jeden respondent si žádal doplnění funkcionality o výpočet plochy zadaných bodů pro disciplínu Land Run [2]. Někteří, nejčastěji velice zkušené piloti, si navíc žádali zobrazení kruhů s poloměrem vždy o jeden kilometr větší než předcházející kruh kolem aktuální polohy (tedy upravení navigační růžice a nastavení aplikace).



Obrázek 27 - Průměrné hodnocení dotazníku otázek 6 až 12

6.3 Další vývoj

Z předcházejících podkapitol je možné vyvodit směr, jakým by se aplikace mohla dále vyvíjet. I když aplikace splňuje zadání, dle požadavků pilotů ale i ze subjektivních pocitů při testování by aplikaci bylo možné dále vyvíjet a mohla by si mezi piloty získat svou popularitu.

První částí dalšího vývoje by bylo implementování komponent, zmíněných v předchozí podkapitole, konkrétně funkce měření vzdáleností a směru mezi uživatelsky určenými body a výpočet plochy mezi zadanými body. Zajímavý nápad je možnost propojení aplikace s mapovými 3D podklady aplikace Google Earth, kdy by pilot měl lepší přehled o okolním terénu. Dalším krokem je sjednocení směru větru v předpovědní tabulce a tabulce aktuálních větrů, jelikož v předpovědi se udává, z jakého směru vítr proudí, kdežto GPS zařízení udává směr pohybu. Ve výsledku tedy předpověď směru větru 320° znamená, že směr větru je z 320°, tedy směr letu je na jihovýchod (kurz 140°), ale GPS jednotka udává při tomto větru přímo kurz 140°.

V další části vývoje by bylo potřeba zdokonalit práci se soubory. Jednak by bylo vhodné v aplikaci implementovat načítání proprietárních mapových podkladů aplikace OziExplorer a také

exportovat uložené trasy do dalších formátů, například KML, GPX apod. Zároveň s tímto krokem by bylo vhodné implementovat i správce mapových podkladů, aby uživatel nemusel složitě otevírat každou mapu přes klasický dialog otevírání souborů, ale aplikace by sama načítala mapy uložené v dané složce souborového systému. Dle návrhu jednoho z respondentů dotazníku, by podobný správce map mohl vzniknout i jako správce letů v návaznosti na akce, kterých se pilot účastnil a tím zjednodušit a zpřehlednit veškerá ukládaná data.

Poměrně složitější částí, jejíž implementace a odladění chyb by trvalo zřejmě velice dlouhou dobu v závislosti na požadavcích uživatelů, by byl průvodce soutěžními lety, kdy by podle zadání soutěžního letu uživatel vložil do aplikace úkoly, vybral by odpovídající disciplíny a zadal k nim jejich cílové body. Následně by pilot či navigátor byl při splnění disciplíny upozorněn, jaká je další disciplína a jaký je její cíl. Toto je ovšem pouze základní idea, která by potřebovala kvalitní návrh, jelikož podobnou funkcí prozatím nedisponuje žádná aplikace na světě.

Dalším funkcí, kterou již ovšem dle zjištěných informací disponuje nezjištěná Čínská aplikace, je předpověď odhodu markeru. Aplikace by podle zjištěného proudění větrů v různých hladinách, nadmořské výšky cíle a balónu a dalších potřebných parametrů jako je třeba hmotnost házeného markeru byla schopna vypočítat, kdy má být marker odhozen, aby trefil cíl co nejpřesněji.

Nápadů, jak aplikaci vylepšit je tedy mnoho. Jestli se na vývoji bude pokračovat, bude záviset především na výsledcích, jakých aplikace dosáhne na Mistrovství v balónovém létání ČR 2012.

6.4 Srovnání s konkurencí

Výhodou aplikace je možnost portování na různé platformy, není možné ji tedy srovnat pouze v rámci jednoho operačního systému, proto bude následující seznam srovnávat výslednou aplikaci s nejpoužívanějšími konkurenčními aplikacemi na různých platformách.

6.4.1 OziExplorer pro Windows

O této nejpoužívanější verzi OziExploreru bylo napsáno již mnoho, ale zasluhuje si i konečné srovnání. Jeho velkou výhodou je, že jsou na něj uživatelé již zvyklí a poskytuje veškeré opravdu důležité funkce a důvodem pro přechod na jinou aplikaci by musela být existence opravdu kvalitního softwaru. Naopak výsledná aplikace je i dle průzkumu pohodlnější na ovládání a díky funkcím stažení předpovědi a zobrazování aktuálních výškových větrů OziExplorer předčí.

6.4.2 OziExplorer pro Android

Port populární aplikace OziExplorer pro platformu Android byl vydán nedávno. Prozatím neposkytuje všechny funkce původní verze, a co se týká přehlednosti, nedosahuje příliš vysokých kvalit, takže použití v balónovém létání prozatím není příliš pravděpodobné.

6.4.3 Androzic

Androzic je projekt s otevřeným zdrojovým kódem, který vznikl mnohem dříve než OziExplorer pro Android. Pro načítání map používá stejně jako výsledná aplikace upravené knihovny swampex. Výhodou je neustálý vývoj a oprava chyb a zároveň přehledně navržené GUI, které používá

komponent a návrhových vzorů specifických pro platformu Android. Pokud by byla výsledná aplikace v budoucnu portována i na Android s využitím zmíněného projektu Necessitas, byl by Androzic zřejmě největším konkurentem.

6.4.4 Ostatní aplikace

Dále existuje i množství aplikací, které někteří piloti používají pro soutěžní lety. Příkladem může být CompeGPS, který je navržen pro závěsné létání. Bohužel v základu (trial verze aplikace) neumožňuje načítání mapových souborů OziExploreru, je implementován pouze pro platformu MS Windows a jeho ovládání je i na MS Windows poměrně kostrbaté.

Dle dostupných informací existují i další aplikace specificky navržené pro balónové létání, ale ani po dlouhém výzkumu se nepodařilo najít dostupnou verzi či úspěšně kontaktovat vývojáře, jelikož se údajně jedná o Čínský program, který je navržen pouze pro jeden soutěžní tým.

7 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a implementovat aplikaci pro usnadnění navigace při letu balónem. K tomuto účelu bylo potřeba prostudovat základní teorii balónového létání a zjistit, zda a jak by počítačový software mohl co nejlépe sloužit pilotovi. Tato teorie je popsána v kapitole 2. Samozřejmě vše nebylo tak jednoduché, jak se zprvu zdálo a tak bylo třeba nastudovat další teorii, která s balónovým létáním přímo nesouvisí. Především se jedná o teorii geografických výpočtů pro výpočet vzdáleností a směru mezi dvěma body na zemi vzhledem k severu. Po nastudování potřebné teorie bylo přistoupeno k návrhu a implementaci výsledné aplikace. Ta byla navržena tak, aby její ovládání bylo pokud možno co nejjednodušší nejen při použití klasické myši, ale byl brán zřetel i na moderní dotyková rozhraní. Implementovaná aplikace byla otestována při reálném letu a zároveň předložena na posouzení několika pilotům horkovzdušných balónů za účelem zjištění nezávislého hodnocení a možných úprav a vylepšení do budoucna. Na závěr byla výsledná aplikace porovnána s nejčastěji používanými konkurenčními aplikacemi.

Jak bylo vysvětleno, balónová navigace využívá faktu měnícího se směru a síly větru v různých výškách a tohoto faktu bylo také využito jako hlavního asistenčního prvku celé výsledné aplikace. Rychlost a směr větru v jednotlivých letových hladinách je v aplikaci možné jednoduše zjistit před letem s využitím předpovědních modelů dostupných na internetu, nebo při samotném letu, kdy aplikace sbírá data poskytovaná připojeným GPS zařízením, data analyzuje a zprostředkovává je uživateli v přehledné textové i grafické formě. Aplikace je navržena tak, aby byl její budoucí vývoj co nejjednodušší a bylo možné ji používat i na jiných platformách než na které byla vytvořena. O případném dalším vývoji se rozhodne podle výsledků aplikace na mistrovství ČR v balónovém létání roku 2012, kde bude představena širší skupině balónových pilotů a otestována v reálném závodním prostředí s kvalitní konkurencí.

Literatura

- [1] UČEBNICE PILOTA. *Cheb: SVĚT KŘÍDEL*, 2006. 696 s. ISBN 80-86808-28-9
- [2] SkyFly. [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: www.skyfly.cz
- [3] *Projekt MEDARD* [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: www.medard-online.cz
- [4] *WindGURU* [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: www.windguru.com
- [5] *READY - Real-time Environmental Applications and Display sYstem* [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://ready.arl.noaa.gov/>
- [6] Wikipedia: Universal Transverse Mercator coordinate system. [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/UTM>
- [7] Fédération Aéronautique Internationale [online]. 2010 [cit. 2011-12-19]. *FAI Ballooning Commision - CIA*. Dostupné z WWW: <http://www.fai.org/ballooning/>
- [8] BAYER, Tomáš. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE, Přírodovědecká fakulta - Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie. *Matematické metody v kartografii* [online]. 2011 [cit. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/vyuka.html>
- [9] OziExplorer File Formats [online]. [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.rus-roads.ru>
- [10] Libbsb. *SourceForge* [online]. 2004 [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <http://libbsb.sourceforge.net>
- [11] DUTCH, Steven. Converting UTM to Latitude and Longitude (Or Vice Versa). *University of Wisconsin - Green Bay* [online]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.uwgb.edu/dutchs/UsefulData/UTMFormulas.htm>
- [12] Geometric Aspects of Mapping. KNIPPERS, Richard. INTERNATIONAL INSTITUTE FOR GEO-INFORMATION SCIENCE AND EARTH OBSERVATION (ITC), Enschede. *University of Twente - Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation* [online]. 2009 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://plone.itc.nl/geometrics/Introduction/introduction.html>
- [13] Qt - A cross-platform application and UI framework [online]. 2011 [cit. 2011-12-22]. *QtWhitepaper*. Dostupné z WWW: <http://developer.qt.nokia.com/wiki/QtWhitepaper>
- [14] DANDEKAR, Kiran, Balasundar I. RAJU a Mandayam A. SRINIVASAN. 3-D Finite-Element Models of Human and Monkey Fingertips to Investigate the Mechanics of Tactile Sense. *Laboratory for Human and Machine Haptic, Department of Mechanical Engineering, and The Research Laboratory of Electronics Massachusetts Institute of Technology* [online]. [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: http://touchlab.mit.edu/publications/2003_009.pdf
- [15] IOS Developer Library. *IOS Human Interface Guidelines* [online]. 2012 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://developer.apple.com/library/ios/navigation/>
- [16] Ondřej Fabián: Asistent pilota balónu pro iPhone, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2011
- [17] Necessitas. *SourceForge.net* [online]. 2012 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://sourceforge.net/p/necessitas/home/necessitas/>
- [18] *GpsGate Client* [online]. 2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://gpsgate.com>
- [19] *NMEA library* [online]. 2011 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://nmea.sourceforge.net/>
- [20] *Western Regional Headquarters NOAA* [online]. 2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/pressureAltitude.pdf>

Seznam příloh

Příloha 1. CD obsahující zdrojové kódy aplikace, spustitelnou aplikaci na MS Windows 7, ukázkové
podkladové mapy Brna a okolí a data z testovacího letu

Příloha 2. dotazník

Příloha č. 2

Dotazník k diplomové práci: Asistent pilota balónu

Dobrý den,
prosím o vyplnění anonymního dotazníku k aplikaci vytvořené pro usnadnění navigace při letu horkovzdušným balónem. Následující otázky mají za cíl zjistit, zda Vám navržená aplikace usnadnila navigaci a zda vám vyhovovalo její ovládání. Pokud máte k aplikaci jakékoliv připomínky nebo návrhy k dalšímu vylepšení, napište je prosím buď přímo vedle otázek nebo do pole pro poznámky na konci dotazníku. O dalším vývoji aplikace se můžete informovat na internetových stránkách www.ultimateballooning.com

Děkuji za spolupráci a přeji hladká přistání,

Tomáš Hora
VUT v Brně, Fakulta informačních technologií
hora@ultimateballooning.com

Obecné informace

1. Jaká je Vaše počítačová gramotnost?
 - ☐ s počítačem umím velice málo
 - ☐ jsem běžný uživatel (internet, hry, filmy, tvorba dokumentů,...)
 - ☐ jsem počítačový odborník

2. Kolik hodin máte nalétáno jako pilot horkovzdušných balónů?
 - ☐ 50 – 99 ☐ 100 – 199 ☐ 200 – 299 ☐ 300 a více

3. Kolika závodů horkovzdušných balónů jste se účastnil?
 - ☐ 0 – 4 ☐ 5 – 9 ☐ 10 – 15 ☐ 20 a více

4. Používáte k navigaci při letu počítač (notebook či tablet), či jej plánujete koupit?
 - ☐ ne
 - ☐ ano, pouze na vyhlídkové lety
 - ☐ ano, pouze na sportovní lety
 - ☐ ano, pro sportovní i vyhlídkové lety

5. Pokud používáte počítač nebo si jej máte v plánu pořídit, jaký má (měl by mít) operační systém? (možno zatrhnout i více možností)

☐ MS Windows

☐ Google Android

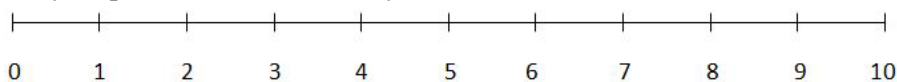
☐ Apple iOS

☐ jiný

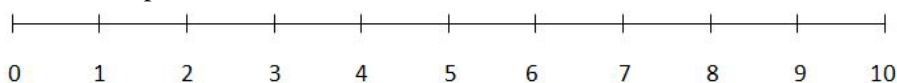
Ovládání aplikace

Na stupnici od jedné do deseti znázorněte, jaký celkový pocit (přehlednost, intuitivnost a jednoduchost, užitečnost) jste měli z vykonávání následujících úkonů. (1- nejasné, nepohodlné; 10 – jednoduché, přehledné)

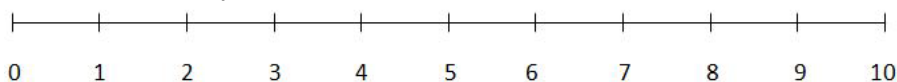
6. Pohyb v pravém vertikálním dotykovém menu



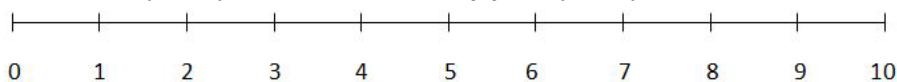
7. Nastavení aplikace



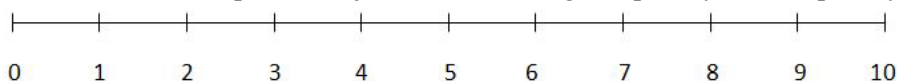
8. Získání a zadání výškového větru



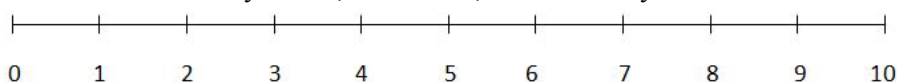
9. Zobrazení výškových větrů a nastavení jejich výškových intervalů



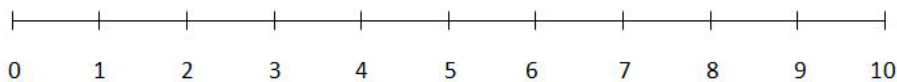
10. Zobrazení aktuální pozice, trajektorie letu, navigační přímky na cíl a přímky aktuálního kurzu



11. Zobrazení aktuální rychlosti, směru letu, nadmořské výšky a ostatních informací



12. Přidávání a editace waypointů



Další poznámky (co vám pomohlo, chybělo a co byste si přál/a aby aplikace ještě uměla):